

10/561426

PCT/JP2004/008620

26.07.2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 19 AUG 2004

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   9 月 1 6 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 3 2 3 3 0 0  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 3 2 3 3 0 0 ]

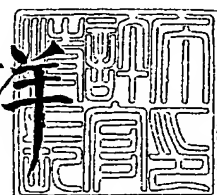
出   願   人            株 式 会 社 セ ル ク ロ ス  
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 . 7 月 2 0 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川 洋



BEST AVAILABLE COPY

出証番号    出証特 2 0 0 4 - 3 0 6 2 4 8 5

【書類名】 特許願  
【整理番号】 Z016-0013  
【提出日】 平成15年 9月16日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 B25J 19/02  
G01L 1/00  
H04B 14/00

【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県横浜市保土ヶ谷区天王町 1 - 1 7 - 8 ジョリメゾン 3  
0 1 号室  
【氏名】 湯浅 太刀男

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都練馬区桜台 4 - 2 3 - 7  
【氏名】 浅村 直也

【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県川崎市高津区末長 3 2 5 - 2 2 マイキャッスル溝の口  
ヴィレッジ 3 0 3  
【氏名】 篠田 裕之

【特許出願人】  
【識別番号】 503054096  
【氏名又は名称】 株式会社セルクロス

【代理人】  
【識別番号】 100105924  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 森下 賢樹  
【電話番号】 03-3461-3687

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 091329  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1

## 【書類名】特許請求の範囲

## 【請求項 1】

信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層とを含んだ積層構造を有する信号伝送用基板装置であって、複数の開口部を備え、

前記開口部は、信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層を、露出させることを特徴とする信号伝送用基板装置。

## 【請求項 2】

前記開口部は、階段状に形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の信号伝送用基板装置。

## 【請求項 3】

信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層は、階段状に形成された前記開口部の平坦部で露出されることを特徴とする請求項 2 に記載の信号伝送用基板装置。

## 【請求項 4】

前記開口部は、テーパ状に形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の信号伝送用基板装置。

## 【請求項 5】

前記開口部は、筒状または側面に凹凸のある筒状に形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の信号伝送用基板装置。

## 【請求項 6】

前記開口部は、積層構造を貫通して形成されることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の信号伝送用基板装置。

## 【請求項 7】

複数の前記開口部は、所定の間隔で設けられることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の信号伝送用基板装置。

## 【請求項 8】

前記開口部は少なくとも 2 つの信号伝達層を露出させ、少なくとも 2 つの信号伝達層の間には、高抵抗層または絶縁層が介在することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の信号伝送用基板装置。

## 【請求項 9】

前記少なくとも 2 つの信号伝達層は、積層構造において別の高さの層に形成されていることを特徴とする請求項 8 に記載の信号伝送用基板装置。

## 【請求項 10】

信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層とを含んだ積層構造を有する信号伝送用基板装置であって、信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層から当該信号伝送用基板装置の表面まで延びる導電路を複数設けたことを特徴とする信号伝送用基板装置。

## 【請求項 11】

当該信号伝送用基板装置の表面には、信号伝達層から延びる導電路の表出部と、電源層または接地層の少なくとも一層から延びる導電路の表出部との組が複数存在し、

各組における表出部同士の間隔は、実質的に等しく設定されていることを特徴とする請求項 10 に記載の信号伝送用基板装置。

## 【請求項 12】

表出部の各組は、当該信号伝送用基板装置の表面において所定の間隔で配置されていることを特徴とする請求項 11 に記載の信号伝送用基板装置。

## 【請求項 13】

絶縁性基板に複数の貫通穴を形成するステップと、  
貫通する絶縁性の管状部材を所定の貫通穴の上方に形成するステップと、  
絶縁性基板上に第 1 導電層を形成するとともに、貫通穴を導電性材料で充填するステップと、

第 1 導電層上に、絶縁層、高抵抗層または誘電層のうちの少なくとも一層を形成するス

トップと、

形成された絶縁層、高抵抗層または誘電層の上に、第2導電層を形成するとともに、管状部材を導電性材料で充填するステップと、

を備えることを特徴とする信号伝送用基板装置の製造方法。

【請求項14】

信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層とを含んだ積層構造を有する信号伝送用基板装置に設けられた開口部に装着されるコネクタであって、開口部に接触する外部形状が階段状に形成され、階段状に形成された平坦部において、信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層と電気的に接続するための電極を有することを特徴とするコネクタ。

【請求項15】

互いに絶縁されて積層された少なくとも2つの信号伝達層に接続して、当該少なくとも2つの信号伝達層間における信号の送受信を行う複数の通信素子が設けられ、前記少なくとも2つの信号伝達層は、積層構造において別の高さの層に形成されていることを特徴とする通信装置。

【請求項16】

信号を伝達する複数の信号伝達層が形成され、少なくとも2つの信号伝達層に接続して当該少なくとも2つの信号伝達層間における信号の送受信を行う複数の通信素子が設けられ、信号の伝達は、発信元となる通信素子と、送信先となる通信素子の相対的な位置関係を利用して実現することを特徴とする通信装置。

【請求項17】

網の目状に形成された配線に電気的に接続した複数の通信素子を備えた通信装置であって、各通信素子が、配線上で隣り合う他の通信素子に対して配線を介して局所的な通信を行う通信機能を有しており、この局所的な通信により通信素子間で信号を順次伝達することによって、目的とする通信素子まで信号を伝達することを特徴とする通信装置。

【請求項18】

配線は格子状に形成されており、通信素子は、格子状配線の交点に配置されることを特徴とする請求項17に記載の通信装置。

【請求項19】

網の目状の配線が形成される層を含んだ積層構造をもつ基板装置を備え、

基板装置は、配線と通信素子との電気的接続を行わせる構造を有することを特徴とする請求項17または18に記載の通信装置。

【請求項20】

複数の通信素子のうちの少なくとも一部は、外部機器とのインタフェース機能を備えることを特徴とする請求項15から19のいずれかに記載の通信装置。

【請求項21】

信号を伝達するための導電配線を網の目状に形成した層を少なくとも1層を含んだ積層構造をもつ基板装置を形成するステップと、

網の目状の導電配線に電気的に接続するように、基板装置に複数の通信素子を配置するステップと、

を備えることを特徴とする通信装置の製造方法。

【請求項22】

複数の通信素子のうちの少なくとも一部は、外部機器とのインタフェース機能を備えることを特徴とする通信装置の製造方法。

【請求項23】

信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層とを含んだ積層構造を有する信号伝送用基板装置であって、信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層を露出させる開口部が複数設けられており、前記開口部において、信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層における露出部分に電気的に接続するコネクタが設けられることを特徴とする信号伝送用基板装置。

## 【請求項 24】

導電層と、絶縁層または高抵抗層とが、交互に複数段積層された構造をもつ基板装置であって、導電層の材料の硬さは、絶縁層または高抵抗層の材料の硬さと異なるようにされて、硬い層と柔らかい層とが交互に積層されたことを特徴とする基板装置。

## 【請求項 25】

硬い層と柔らかい層とが交互に積層された積層構造をもつ基板装置に差し込まれるコネクタであって、側面において、積層構造における各層の厚さに合わせた凹凸を設けたことを特徴とするコネクタ。

## 【請求項 26】

導電層あるいは網の目状に形成された配線に対して予め通信素子を配置した基板装置において、複数の通信素子のうちの少なくとも一部がインタフェース機能を有して構成されており、インタフェース機能を備えた任意の通信素子に対して外部機器を電氣的に接続することで、当該外部機器との間で片方向または双方向の通信を行う通信装置。

## 【請求項 27】

導電層あるいは網の目状に形成された配線に対して予め通信素子を配置した基板装置において、導電層の一部の領域あるいは網の目状に形成された配線の一部にインタフェース部が構成されており、インタフェース部に対して外部機器を電氣的に接続することで、当該外部機器との間で片方向または双方向の通信を行う通信装置。

## 【請求項 28】

前記基板装置は、単一のシリコンウェハ上に形成されることを特徴とする請求項 26 または 27 に記載の通信装置。

## 【書類名】明細書

【発明の名称】信号伝送用基板装置、信号伝送用基板装置の製造方法、コネクタ、通信装置および通信装置の製造方法

## 【技術分野】

【0001】

本発明は通信を行う通信装置に関し、さらに、通信装置を構成する基板装置と、基板装置に電気的に接続するコネクタ装置に関する。

## 【背景技術】

【0002】

LAN (Local Area Network) やWAN (Wide Area Network) などの通信ネットワークにおいて、複数の通信端末が同軸ケーブルや光ファイバなどにより接続されている。これらの通信端末は、ネットワーク中のアドレスを指定することにより、所望の通信端末に信号を伝達する。従来のネットワークは、通信端末同士を有線にて接続することが一般であり、近年では、これを無線で接続するシステムも提案されている。例えば、移動デバイスであるノードの全てが所定の伝送半径をもち、ノード間で無線通信を行うアドホックネットワークが提案されている（例えば、特許文献1参照）。また、特許文献1とは全く異なるアプローチとして、個別の配線を形成することなく、複数の通信素子が信号を中継することにより信号を伝達する通信装置も提案されている（例えば、特許文献2参照）。

【特許文献1】特開2001-268127号公報

【特許文献2】特開2003-188882号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

【0003】

従来の通信ネットワークや実装基板においては端末や素子などを1本の個別配線により一対一の関係で物理的に接続しているため、仮に1本しかない配線が切断された場合には信号を伝達することができなくなり、通信機能が停止する事態も生じうる。また、個々の物理的配線をひくことが面倒であったり、スペースの関係で困難を極める場合もある。特許文献2は、そのような事態を解消する通信装置につき提案しており、優れた効果的な技術であるといえる。特許文献2では、複数の通信素子を基板中に埋設した通信装置について開示しているが、通信素子の実装については改善の余地がある。また、通信手法についても、改善の余地があるといえる。

【0004】

本発明はこうした状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、新規な通信装置に関する技術を提供することにある。特に通信素子の基板装置への実装に関する技術を提供することにある。さらに、本発明の目的は、従来の通信技術とは異なる新規な通信技術を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するために、本発明のある態様は、信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層とを含んだ積層構造を有する信号伝送用基板装置であって、複数の開口部を備え、開口部は、信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層を、露出させることを特徴とする信号伝送用基板装置を提供する。この信号伝送用基板装置によると、開口部にコネクタなどの接続部品を装着して、通信素子を実装し、所期の機能をもたせた通信装置を容易に作製することができる。

【0006】

開口部は階段状に形成されていることが好ましく、信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層は、階段状に形成された開口部の平坦部で露出されることが好ましい。これにより、開口部にコネクタを挿入するときに、コネクタの電極と信号伝達層などの層との接続を確実にすることができる。また開口部は、テーパ状に形成されてもよく、さらに筒状に形成されてもよい。このような構造をとることにより、開口部を容易に形成する

ことが可能となる。

【0007】

開口部は積層構造を貫通して形成されてもよい。貫通させることで、コネクタの止め部材を底面まで挿入して、コネクタと基板装置の固定を容易に行うことができる。複数の開口部は、所定の間隔で設けられることが好ましく、この所定の間隔は、通信素子の通信距離を最大として、その距離以下に定められることが好ましい。

【0008】

開口部は、間に高抵抗層または絶縁層が介在する少なくとも2つの信号伝達層を露出させてもよい。これにより、通信素子が複数の信号伝達層に接続し、信号伝達層間における信号の送受信を行うことが可能となる。また、少なくとも2つの信号伝達層は、積層構造において別の高さの層に形成されていてもよい。

【0009】

本発明の別の態様は、信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層とを含んだ積層構造を有する信号伝送用基板装置であって、信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層から当該信号伝送用基板装置の表面まで延びる導電路を複数設けたことを特徴とする信号伝送用基板装置を提供する。この表面は、信号伝送用基板装置の上面または底面であってよく、また両面であってもよい。表面まで導電路を延ばすことで、通信素子を表面に固定するだけで通信素子の電極と各層との電気的接続を実現でき、通信素子の装着プロセスを容易にすることができる。

【0010】

当該信号伝送用基板装置の表面には、信号伝達層から延びる導電路の表出部と、電源層または接地層の少なくとも一層から延びる導電路の表出部との組が複数存在し、各組における表出部同士の間隔は、実質的に等しく設定されていることが好ましい。この表出部同士の間隔は、装着する通信素子の複数の電極の配置と等しくされ、したがって、どの組、すなわちどの表出部のセットに対しても、通信素子を接続することが可能となる。各組は、当該信号伝送用基板装置の表面において所定の間隔で配置されていることが好ましい。この所定の間隔は、通信素子の通信距離を基準に定められることが好ましい。

【0011】

本発明のさらに別の態様は、絶縁性基板に複数の貫通穴を形成するステップと、貫通する絶縁性の管状部材を所定の貫通穴の上方に形成するステップと、絶縁性基板上に第1導電層を形成するとともに、貫通穴を導電性材料で充填するステップと、第1導電層上に、絶縁層、高抵抗層または誘電層のうちの少なくとも一層を形成するステップと、形成された絶縁層、高抵抗層または誘電層の上に、第2導電層を形成するとともに、管状部材を導電性材料で充填するステップとを備えることを特徴とする信号伝送用基板装置の製造方法を提供する。これにより、複数の層からの導電路を基板表面に表出させ、通信素子などの外部機器との接続を容易とする信号伝送用基板装置を製造することができる。

【0012】

本発明のさらに別の態様は、信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層とを含んだ積層構造を有する信号伝送用基板装置に設けられた開口部に装着されるコネクタであって、開口部に接触する外部形状が階段状に形成され、階段状に形成された平坦部において、信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層と電気的に接続するための電極を有することを特徴とするコネクタを提供する。このコネクタによると、基板装置の開口部との電気的接続を安定的に実現することができる。

【0013】

本発明のさらに別の態様は、互いに絶縁されて積層された少なくとも2つの信号伝達層に接続して、当該少なくとも2つの信号伝達層間における信号の送受信を行う複数の通信素子が設けられ、少なくとも2つの信号伝達層は、積層構造において別の高さの層に形成されていることを特徴とする通信装置を提供する。

【0014】

本発明のさらに別の態様は、信号を伝達する複数の信号伝達層が形成され、少なくとも

2つの信号伝達層に接続して当該少なくとも2つの信号伝達層間における信号の送受信を行う複数の通信素子が設けられ、信号の伝達は、発信元となる通信素子と、送信先となる通信素子の相対的な位置関係を利用して実現することを特徴とする通信装置を提供する。

【0015】

本発明のさらに別の態様は、網の目状に形成された配線に電氣的に接続した複数の通信素子を備えた通信装置であって、各通信素子が、配線上で隣り合う他の通信素子に対して配線を介して局所的な通信を行う通信機能を有しており、この局所的な通信により通信素子間で信号を順次伝達することによって、目的とする通信素子まで信号を伝達することを特徴とする通信装置を提供する。配線は格子状に形成されており、通信素子は、格子状配線の交点に配置されてもよい。また、網の目状の配線が形成される層を含んだ積層構造をもつ基板装置を備え、基板装置は、配線と通信素子との電氣的接続を行わせる構造を有することが好ましい。複数の通信素子のうちの少なくとも一部は、外部機器とのインタフェース機能を備えることが好ましい。ここで、外部機器は、コンピュータ、情報装置、通信装置、センサ、発光素子、アクチュエータ、計算素子、メモリなどであってよい。これにより、通信装置が外部機器と片方向または双方向の通信を行うことができ、また2以上の外部機器を通信素子に接続することで、外部機器間の中継装置としても機能することが可能となる。また、複数の通信素子の少なくとも一部は、コンピュータ、情報装置、通信装置、センサ、発光素子、アクチュエータ、計算素子、メモリなどの機能を備えてもよい。

【0016】

本発明のさらに別の態様は、信号を伝達するための導電配線を網の目状に形成した層を少なくとも1層を含んだ積層構造をもつ基板装置を形成するステップと、網の目状の導電配線に電氣的に接続するように、基板装置に複数の通信素子を配置するステップを備えることを特徴とする通信装置の製造方法を提供する。複数の通信素子のうちの少なくとも一部は、外部機器とのインタフェース機能を備えることが好ましい。ここで、外部機器は、コンピュータ、情報装置、通信装置、センサ、発光素子、アクチュエータ、計算素子、メモリなどであってよい。

【0017】

本発明のさらに別の態様は、信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層とを含んだ積層構造を有する信号伝送用基板装置であって、信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層を露出させる開口部が複数設けられており、前記開口部において、信号伝達層と、電源層または接地層の少なくとも一層における露出部分に電氣的に接続するコネクタが設けられることを特徴とする信号伝送用基板装置を提供する。

【0018】

本発明のさらに別の態様は、導電層と、絶縁層または高抵抗層とが、交互に複数段積層された構造をもつ基板装置であって、導電層の材料の硬さは、絶縁層または高抵抗層の材料の硬さと異なるようにされて、硬い層と柔らかい層とが交互に積層されたことを特徴とする基板装置を提供する。

【0019】

本発明のさらに別の態様は、硬い層と柔らかい層とが交互に積層された積層構造をもつ基板装置に差し込まれるコネクタであって、側面において、積層構造における各層の厚さに合わせた凹凸を設けたことを特徴とするコネクタを提供する。

【0020】

本発明のさらに別の態様は、導電層あるいは網の目状に形成された配線に対して予め通信素子を配置した基板装置において、複数の通信素子のうちの少なくとも一部がインタフェース機能を有して構成されており、インタフェース機能を備えた任意の通信素子に対して外部機器を電氣的に接続することで、当該外部機器との間で片方向または双方向の通信を行う通信装置を提供する。ここで、外部機器は、コンピュータ、情報装置、通信装置、センサ、発光素子、アクチュエータ、計算素子、メモリなどであってよい。

【0021】

本発明のさらに別の態様は、導電層あるいは網の目状に形成された配線に対して予め通



信素子を配置した基板装置において、導電層の一部の領域あるいは網の目状に形成された配線の一部にインタフェース部が構成されており、インタフェース部に対して外部機器を電気的に接続することで、当該外部機器との間で片方向または双方向の通信を行う通信装置を提供する。ここで、外部機器は、コンピュータ、情報装置、通信装置、センサ、発光素子、アクチュエータ、計算素子、メモリなどであってよい。

【0022】

上記した基板装置は、単一のシリコンウェハ上に形成されてもよい。

なお、本発明の表現を装置、方法で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0023】

本発明によると、通信素子の実装が容易な基板装置を提供することができる。これにより、必要に応じて通信装置に所期の追加機能をもたせることも可能となり、設計自由度の高い通信装置を実現することができる。また、故障した通信素子の交換等も容易に行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

図1は、本発明の実施例に係る通信技術の方式を説明するための図である。この通信方式を連鎖伝達型の通信方式と呼ぶ。小さな円で示す複数の通信素子が空間内に分散して配置されている状態が示される。各通信素子は、その周辺に配置された他の通信素子に対して信号を伝達する局所的な通信機能を有する。この局所的な通信により隣り合う通信素子間で信号を順次連鎖的に中継し、最終目的地である通信素子まで信号を伝達する。

【0025】

信号の送信元が通信素子200aであり、最終目的地が通信素子200bである場合、連鎖伝達型通信方式によると、信号が通信素子200aから通信素子200cおよび200dを介して通信素子200bに伝達される。信号の伝達方法としては、例えば通信素子200aが、信号が届く範囲にある周辺の全ての通信素子に信号を伝達し、この信号を受けた全ての通信素子が更に周辺の通信素子に信号を伝達することによって、信号を最終目的地まで同心円状に伝達させてもよい。さらに好ましい方法としては、通信素子200aおよび200b間の経路を予めまたはリアルタイムで設定し、この経路により特定の通信素子のみを介して信号を伝達してもよい。特に後者の方法を採用する場合には、信号伝達に必要な通信素子のみが発信するため、電力消費を少なくすることができ、また他の通信素子の通信に対する干渉を低減することも可能となる。

【0026】

空間内に複数の通信素子が存在し、この空間内には通信素子間を物理的に接続するための個別配線が形成されていなくてよい。例えば、これらの通信素子は、平坦な導電層または導電性基板、交流信号を伝達可能な電磁作用伝達層などに接続されてもよく、また無線により信号の送受が行えるように構成されてもよい。信号の送信は、導電層における電荷の放出により実現されてもよく、また光や電磁波を放出することにより実現されてもよい。ここで通信素子は、チップとして構成されるものに限定されず、本発明の実施例において説明する通信機能を備えたものを含む概念であり、その形態および形状は問わない。

【0027】

各通信素子は、信号の伝達可能な距離（以下、「有効通信距離」とも呼ぶ）を比較的短く設定されていることが好ましい。信号の通信距離を長くすることは、それだけ電力消費量を大きくし且つ通信に寄与しない他の通信素子に対して悪影響を及ぼす可能性がある。連鎖伝達型の通信方式によると、自身の近傍に存在する通信素子に信号を伝達できれば十分であるため、有効通信距離は周辺の通信素子までの平均距離に応じて設定されることが好ましい。

【0028】

本発明の通信技術は、様々な用途に応用することができる。例えば、LSIやメモリな

どの電子部品（回路素子）に本発明の通信機能をもたせることによって、各電子部品を個別に配線することなく、複数の電子部品を基板実装する技術を提供することが可能である。これとは別に、網の目上に張り巡らされた配線上に通信素子を配設する、従来とは異なる設計思想をベースとする新規な通信実装技術を提供することもできる。また、近年、皮膚の感覚を持つロボットの研究が盛んに行われているが、ロボットの触覚センサに本発明の通信機能をもたせ、触覚センサの検知情報をロボットの頭脳コンピュータに送信する技術を提供することも可能である。また建物の床に本発明の通信機能を有するセンサを点在させることにより、一人暮らしの老人の行動を監視したり、留守中の防犯に役立てることも可能である。また、発光素子に本発明の通信機能をもたせることにより、布状の表示装置などを製造することも可能となる。また、タグに本発明の通信機能をもたせることにより、安価で精度のよい情報の読み取りを可能とするタグを作製することも可能となる。さらに無線通信素子に本発明の通信機能をもたせて例えばコンピュータにそれを装備させ、無線通信素子の近傍に相手方のコンピュータの無線通信素子を配置することによって、コンピュータ間の情報の送受信を容易に行うことも可能となる。また自動車の導電性内壁に本発明の通信機能を備えた通信素子を埋め込み、煩わしい個別配線を不要とした通信装置を実現することも可能となる。なお、後述するように、通信素子をコネクタと通信用LSIなどから構成することで、任意の機能をもたせた通信装置をフレキシブルに実現することも可能となる。

#### 【0029】

この通信技術は、比較的短い距離に配置された通信素子間で信号を伝達するため、距離による信号の減衰および劣化が少なく、高いスループットでノード数によらない高速伝送を可能とする。また空間内に多くの通信素子を分散して配置させることにより、センサなどの所定の機能をもつチップとの情報交換媒体として広範囲の信号伝達領域を実現する。また、通信素子を比較的自由的な位置に配置することができるため、簡易な設計により所望の機能を備えた人工皮膚や表示装置などを生成することも可能である。また従来型の素子同士を個別に接続する配線に関する基板回路設計を不要とし、少ないプロセスで基板回路を製造することも可能である。通信素子を導電層で挟持する場合には電磁ノイズ放射がなくなるため、特に病院などの公共性の高い場所においてはその有用性が高い。さらに、導電層などに障害が生じた場合であっても、チップ間の経路を再設定することができ、新たな通信経路を確立することができるという自己修復機能もあわせ持つ。

#### 【0030】

図2は、本発明の実施例にかかる通信装置100の外観構成の概要を示す図である。この通信装置100においては、複数の通信素子200が信号伝送用の基板装置14に接続される。基板装置14は、開口部80を複数備えて構成され、この開口部80に通信素子200が挿入されることで、通信装置100の通信機能を実現する。基板装置14は、信号を伝達するための信号伝達層、電源層および接地層などを含んだ積層構造を備えて構成される。なお接地層は、信号伝達層としての役割を担ってもよい。開口部80において、これらの層は外部に露出しており、通信素子200を押し込んで固定することにより、通信素子200と各層との電気的接続が行われる。なお基板装置14は、接地層ないしは電源層を備えず、接地層ないしは電源層として機能する導電体に接続してもよい。例えば、金属で構成される板状部材に基板装置14を貼り付け、この板状部材を接地し、又は板状部材に電荷を供給することで、導電性の板状部材を接地層ないしは電源層としても機能させることも可能である。

#### 【0031】

通信素子200は、開口部80に嵌合されて基板装置14の積層構造において接続すべき層に電気的に接続するコネクタと、コネクタに電気的に接続する電極を備えた通信用LSIを含んで構成されてもよい。コネクタと通信用LSIは別体として構成されてもよいが、一体として形成されてもよい。この例では、基板装置14が二次元的に一面に広がった構成を有しているが、帯状に一次的に広がった構成を有してもよい。なお、コネクタは、基板装置14の開口部において、接続するべき層の露出部分に電気的に接続するよ

うに予め設けられていてもよく、その場合には、基板装置 14 は、コネクタ付き基板装置として構成されることになる。コネクタ付き基板装置に通信素子 200 を接続し、これにより通信装置 100 が実現されてもよい。なお、この場合、通信素子 200 は通信用 LSI により構成されてもよく、また、基板装置 14 に設けられたコネクタと接続するコネクタと通信用 LSI を備えて構成されてもよい。

#### 【0032】

例えば、本発明による通信装置 100 をロボットの表面を覆う人工皮膚として応用する場合、基板装置 14 を導電性のゴム材料により形成することが好ましい。可撓性のあるゴム材料で人工皮膚を形成することにより、この人工皮膚はロボットの動作に合わせて自在に伸縮することが可能となる。また、個別配線が存在せず、伸縮性のある基板装置 14 を介して信号を伝達するため、断線などにより通信機能に障害が生じる可能性を低減し、安定した通信能力を提供することも可能となる。また、本発明による通信装置 100 を回路基板として応用する場合、基板装置 14 を導電性のゴム材料あるいは導電性繊維で形成することによって、フレキシブルな回路基板を実現することも可能となる。なお、前記したように、基板装置 14 が積層構造を有する場合には、各層が導電性のゴム材料あるいは導電性繊維で構成されて、全体として可撓性を有することが好ましい。なお、網の目状に形成された配線に通信素子 200 を接続し、これらの通信素子間で信号伝達することで、安定した通信能力を提供することも可能である。なお、網の目状の配線を形成するため、通信経路の再設定が可能であり、したがって断線などによる障害が生じる可能性を低減することができる。

#### 【0033】

各通信素子 200 は通信機能以外に、さらに他の機能を有していてもよい。通信装置 100 をロボットの人工皮膚として応用する場合には、通信素子 200 のいくつかが触覚センサとしての機能も有し、外部から受けた刺激を検出した後、他の通信素子と協同して検出した信号を目的の通信素子まで伝達する。また通信装置 100 を基板の実装技術として応用する場合には、通信素子 200 が、例えば演算機能をもつ LSI やメモリなどの回路素子としての機能を有してもよい。このように、本明細書において「通信装置」は少なくとも通信機能を有する装置の意味で用い、これに付加した他の機能、例えば人工皮膚としてのセンサ機能や電子回路としての演算機能などを有してもよく、また CPU やメモリを含むマイクロコンピュータを含んでもよい。

#### 【0034】

図 3 は、通信素子 200 の機能ブロック図である。通信素子 200 は、通信部 50、処理部 60 およびメモリ 70 を備える。メモリ 70 は、レジスタとして構成されてもよい。通信部 50 は、基板装置 14（図 2 参照）を介して、他の通信素子との間で信号の送受を行う。処理部 60 は、通信素子 200 の通信機能を制御する。具体的に処理部 60 は、周囲の信号の監視、受信信号の解析や、送信信号の生成および送信タイミングの制御など、他の通信素子 200 との間の信号伝達に関する行為を行う。また処理部 60 は、センサ機能や演算機能など通信機能以外の他の機能を実現してもよい。メモリ 70 は、通信機能や他の機能を実現するために必要な情報を予め記録し、また必要に応じて記録していく。通信素子 200 がコネクタと通信用 LSI とから構成される場合は、通信用 LSI が上記の機能を実現する。

#### 【0035】

以下、通信装置 100 の構造の具体例につき説明する。3 種類の構造例を説明するための図面では、通信を実現するための物理的な構造に着目し、説明の便宜上、通信素子 200 を基板装置 14 に埋め込んだ状態で一次的に示している。なお、通信素子 200 は基板装置 14 に予め埋設されて作り込まれてもよいが、図 2 に関して説明したように、通信素子 200 は、基板装置 14 の開口部 80 に着脱可能に押し込まれて、積層構造を構成する複数の層との電氣的接続を実現してもよい。

#### 【0036】

<構造例 1>

図4は、実施例に係る通信装置100の断面を示し、局所的通信を実現する通信デバイス300の構造の一例を説明するための図である。本明細書において「通信デバイス」は、局所的な通信機能を実現する構造の意味で用いる。

#### 【0037】

この例において通信デバイス300は、第1信号伝達層20および第2信号伝達層30と、これらの層に電氣的に接続する通信素子200を備える。第1信号伝達層20および第2信号伝達層30は絶縁層25により絶縁されており、第2信号伝達層30は接地されたグランド層であってもよい。第1信号伝達層20、絶縁層25および第2信号伝達層30は、図2における基板装置14の積層構造に対応する。この通信デバイス300において、有効通信距離は第1信号伝達層20または第2信号伝達層30の抵抗と、第1信号伝達層20および第2信号伝達層30の間の容量に基づいて定められ、第1信号伝達層20または第2信号伝達層30に電荷を放出することにより信号を発信する。各通信素子200はコンデンサを有していてもよく、放出された電荷は有効通信距離内に配置されている周辺の通信素子のコンデンサに蓄積されてもよい。この場合、周辺の通信素子は、その電圧変化により信号を認識することができる。このように図4に示した通信デバイス300はコンデンサを駆動するように振る舞うことから、この通信デバイスを「電荷蓄積型」の通信デバイスと呼んでもよい。なおこの呼び名は、説明の便宜上、後述する「電流拡散型」の通信デバイスと区別するために名付けたものであって、図4に示した通信デバイス300の特性および構成が、この呼び名の意味により限定されるものではない。

#### 【0038】

図5は、電荷蓄積型の通信デバイスが信号を発信する原理を説明するための図である。図5(a)は、駆動用コンデンサ34bを充電する通信素子200の状態を示す。通信デバイス300において、主コンデンサ34aは、通信素子200全体を駆動するために必要な電荷を蓄積し、駆動用コンデンサ34bは、通信層36を駆動するために必要な電荷を蓄積する。通信層36は、第1信号伝達層20および第2信号伝達層30(図4参照)を模式的に表したものである。駆動用コンデンサ34bの充電時には、スイッチ32aを開き、スイッチ32bを閉じる。なお、各スイッチ32aおよび32bは、処理部60(図3参照)により所定のタイミングで開閉される。これらのスイッチ32aおよび32bは、MOSスイッチなどにより構成されてもよい。なおスイッチ開閉により容量に蓄積された電荷を通信層36に放出する本方式により、後述の電流拡散型の通信デバイスにおける通信素子を駆動することも可能である。

#### 【0039】

図5(b)は、駆動用コンデンサ34bを放電する通信素子200の状態を示す。通信デバイス300において、駆動用コンデンサ34bの放電時には、スイッチ32aを閉じ、スイッチ32bを開く。この通信デバイス300は、駆動用コンデンサ34bの電荷を通信層36に放電することによって信号を発信する。1ビットの送信ごとに、主コンデンサ34aから駆動用コンデンサ34bに電荷を移動し、駆動用コンデンサ34bの電荷を通信層36に放電することによって、連続した通信を実現することが可能となる。

#### 【0040】

図6は、図4および図5に示す通信装置100における通信原理を説明するための図である。図6のようにシート抵抗 $\rho[\Omega]$ の第1信号伝達層20(正方形シートを切り出したときの向かい合う辺間の抵抗が $\rho[\Omega]$ であるような材料と厚みでできた層)、誘電率 $\epsilon$ の絶縁層25、良導層である第2信号伝達層30の3層からなる構造を考える。絶縁層25は、通信素子200の間であって、且つ第1信号伝達層20および第2信号伝達層30の間に介在する。今、通信層36、すなわち第1信号伝達層20と第2信号伝達層30に電源が接続され第1信号伝達層20に電流密度 $I(x,y)$ が生じたと仮定する。まず簡単のため、図に垂直な方向では電流は一様であり、図に垂直な方向の層の幅は1であるような1次元問題を考える。ここで第2信号伝達層30の抵抗は、無視できるほど小さいと考える。位置 $x$ において層の断面を横切る電流を $I(x,t)$ とすれば(このとき良導体である第2信号伝達層30には $-I(x,t)$ が発生している)、微小領域 $[x, x+dx]$ から単位時間に流出する

電荷は、

【数 1】

$$-\frac{\partial q(x,t)}{\partial t} dx = I(x+dx,t) - I(x,t) = \frac{\partial I(x,t)}{\partial x} dx \quad \dots (1)$$

を満たす。ここで  $q(x,t)$  は単位面積あたりの蓄積電荷量である。

【0041】

また、位置  $x$  における第 1 信号伝達層 20 の (第 2 信号伝達層 30 に対する) 電位  $V(x,t)$  は、第 1 信号伝達層 20 の厚みが十分小さければ

【数 2】

$$V = \frac{q}{C} \quad \dots (2)$$

を満たす。 $C = \epsilon/d$  は、第 1 信号伝達層 20 と第 2 信号伝達層 30 の間の容量の単位面積あたりの値である。なお  $d$  は、第 1 信号伝達層 20 と第 2 信号伝達層 30 の間隔である。

【0042】

また第 1 信号伝達層 20 の厚みが十分小さく、電流の上下方向分布は一様と仮定できる場合、以下のオーム則

【数 3】

$$\rho I(x,t) = -\frac{\partial}{\partial x} V(x,t) \quad \dots (3)$$

が成り立つ。

上の (1), (2) および (3) から、 $I$  および  $q$  を消去すると以下の拡散方程式

【数 4】

$$C \frac{\partial}{\partial t} V = \frac{1}{\rho} \frac{\partial^2}{\partial x^2} V \quad \dots (4)$$

を得る。(4) 式の一般解は

【数 5】

$$V(x,t) = A \exp(\pm \sqrt{j\omega\rho C} x + j\omega t) + B \quad \dots (5)$$

と与えられる。ここで

【数 6】

$$\sqrt{j\omega\rho C} \equiv \frac{1+j}{\sqrt{2}} \sqrt{\omega\rho C}$$

である。

【0043】

例えば  $x=0$  に電圧源を接続し、強制的に  $V(0,t) = V_0 \exp(j\omega t)$  なる交流電圧を与えると、遠方で発散しない解を組み合わせた以下の関数が電圧分布を与える。

【数7】

$$V(x,t) = \begin{cases} V_0 \exp\{(1+j)\sqrt{\omega\rho C/2} x\} \exp(j\omega t) & x < 0 \\ V_0 \exp\{-(1+j)\sqrt{\omega\rho C/2} x\} \exp(j\omega t) & x > 0 \end{cases} \dots (6)$$

この式より、電圧印加点から一定の距離（拡散距離）

【数8】

$$D = \sqrt{\frac{1}{\rho C \omega}}$$

程度以内においては有意に電圧が追従し、それより離れたところでの電圧振幅は指数関数的に減少する。このように通信デバイス300の有効通信距離は、通信層36の抵抗および容量に基づいて定められる。そのため、通信層36の抵抗および容量を適宜設定することにより、所望の有効通信距離を実現することが可能となる。

【0044】

連鎖伝達型の通信方式においては、近傍の通信素子200との間で信号の送受を行うことができればよい。ため、有効通信距離を可能な限り短く設定することが好ましい。例えば通信装置100内において、通信素子200間の距離が10cm以内となるような密度で複数の通信素子200が配置されている場合には、有効通信距離が10cm程度となるように通信層36の抵抗および容量を設定することが好ましい。有効通信距離を短く設定することによって、他の通信素子200への干渉や無用な電力消費を低減することが可能となる。式(6)はDを用いると、

【数9】

$$V = V_0 \exp\left(-\frac{1+i}{\sqrt{2}} \cdot \frac{|x|}{D}\right) \exp(j\omega t)$$

として表現される。

【0045】

図7は、 $V/V_0$ の実部を縦軸、 $x/D$ を横軸とするグラフであって、電荷蓄積型の通信デバイスにおける電圧と通信距離の関係を示す図である。原点から離れるにつれ、電圧の振幅は指数関数的に減少するため、有効通信距離Dを大きく越える距離への影響は無視できることが分かる。したがって、この有効通信距離Dを通信素子200の密度に応じて好適に設定することにより、効率よい通信を実現することが可能となる。

【0046】

&lt;構造例2&gt;

図8は、実施例に係る通信装置100の断面を示し、局所的な通信を実現する通信デバイス300の構造の別の例について説明するための図である。この通信デバイス300は、スイッチング動作によって通信素子200を導通させ、その電圧降下によって信号を発信することから、この通信デバイスを「電流拡散型」の通信デバイスと呼んでもよい。なおこの呼び名は、説明の便宜上、前述した「電荷蓄積型」の通信デバイスと区別するために名付けたものであって、図8に示す通信デバイス300の特性および構成が、この呼び名の意味により限定されるものではない。

【0047】

図8(a)は、電流拡散型の通信デバイスの構造の一例を示す図である。この通信デバイス300は、第1信号伝達層20および第2信号伝達層30と、これらの層に電氣的に接続する通信素子200を備える。第2信号伝達層30は良導体として構成され、グラウンド層であってもよい。第1信号伝達層20および第2信号伝達層30は、これらの層より

も高い抵抗値を有する高抵抗層 40 によって導通される。具体的には、通信素子 200 の周囲に高抵抗層 40 が設けられ、この通信素子 200 および高抵抗層 40 とが第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 に挟持される。第 1 信号伝達層 20、高抵抗層 40 および第 2 信号伝達層 30 は、図 2 における基板装置 14 の積層構造に対応する。高抵抗層 40 の抵抗値を第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 の抵抗値に対して適切に設定し、または通信素子 200 の 2 つの電極間を素子内部において適切な抵抗値で常時導通させることにより、通信素子 200 内で第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 をスイッチング動作により導通させた場合に、発信した信号が遠くまで広がらず、有効通信距離を近傍の通信素子までの短い距離に設定することができる。

#### 【0048】

図 8 (b) は、電流拡散型の通信デバイスの構造の別の例を示す図である。この通信デバイス 300 は、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 と、これらの層に電気的に接続する通信素子 200 を備える。第 2 信号伝達層 30 はグラウンド層であってもよい。第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 は絶縁層 25 により絶縁されており、第 1 信号伝達層 20 には、第 1 信号伝達層 20 よりも高い抵抗値を有する高抵抗層 42 が電気的に接続され、この高抵抗層 42 には、通信素子 200 に電力を供給する電源層 44 が電気的に接続されている。電源層 44 および第 2 信号伝達層 30 は、抵抗の低い良導体により構成される。第 1 信号伝達層 20 は、高抵抗層 42 よりも低く、電源層 44 および第 2 信号伝達層 30 よりも高い抵抗値を有するのが好ましい。図示のとおり、第 1 信号伝達層 20 上には、高抵抗層 42 および電源層 44 とがこの順に積層されている。電源層 44、高抵抗層 42、第 1 信号伝達層 20、絶縁層 25 および第 2 信号伝達層 30 は、図 2 における基板装置 14 の積層構造に対応する。第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 が絶縁されることにより、これらの層間において電流が定常的に流れる状態を回避することができる。第 2 信号伝達層 30 と電源層 44 は、その抵抗値が非常に小さくなるように形成される。

#### 【0049】

第 1 信号伝達層 20 の抵抗は、有効通信距離に基づいて設定される。すなわち第 1 信号伝達層 20 の抵抗を高抵抗層 42 との関係において適切に定めることによって、電流の拡散範囲を設定することが可能となる。抵抗の調整は、材料によっても、高抵抗層 42 および／または第 1 信号伝達層 20 の 2 次元的なパターンによっても行うことができる。なお単位面積あたりで、高抵抗層 42 の縦方向インピーダンスが、第 1 信号伝達層 20 と第 2 信号伝達層 30 および電源層 44 との間の静電容量によるインピーダンス  $Z$  よりも大きい場合には、拡散距離は第 1 信号伝達層 20 の抵抗と静電容量によって決まる。

#### 【0050】

図 9 は、図 8 (b) に示した 5 層構造の通信装置 100 の構成を示す。電源層 44 および第 2 信号伝達層 30 は良導体で構成され、第 1 信号伝達層 20 は、良導体と高抵抗層 42 の間の中抵抗値で構成されている。また、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 の間において、通信素子 200 同士の間には、絶縁層 25 が存在している。この 5 層構造によって第 1 信号伝達層 20 と第 2 信号伝達層 30 に接続された通信素子 200 に電力を供給する。高抵抗層 42 の体積抵抗率は  $\eta$  [ $\Omega\text{m}$ ]、高抵抗層 42 の厚さを  $d$  [ $\text{m}$ ] とし、第 1 信号伝達層 20 の電位を  $V(x)$ 、電源層 44 の電位を一定値  $V_E$  とすると、第 1 信号伝達層 20 から電源層 44 に向かって電流密度

#### 【数 10】

$$w(x) = (V(x) - V_E) / (\eta d) \quad \cdots (7)$$

なる電流が生じる。

したがって、(1)式は

【数 1 1】

$$-\frac{\partial q(x,t)}{\partial t}dx - w(x,t)dx = I(x+dx,t) - I(x,t) = \frac{\partial I(x,t)}{\partial x}dx \quad \dots (8)$$

のように変更される。第 1 信号伝達層 20 と電源層 44 および第 2 信号伝達層 30 との間の単位面積あたりの容量、すなわち第 1 信号伝達層 20 と電源層 44 の間の単位面積あたりの容量と第 1 信号伝達層 20 と第 2 信号伝達層 30 の間の単位面積あたりの容量の和をあらためて  $C[F/m^2]$  と書くと (2) 式および (3) 式はそのまま成立する。

【0051】

$V(x,t)$  が時間的に変動する成分 (交流成分) のみを表すとする、(4) 式は

【数 1 2】

$$C \frac{\partial}{\partial t} V + \frac{1}{\eta d} V = \frac{1}{\rho} \frac{\partial^2}{\partial x^2} V \quad \dots (9)$$

となる。

2 次元問題においては電流密度ベクトル  $I(x,y,t)$  に対し、(1) 式が

【数 1 3】

$$-\frac{\partial q(x,y,t)}{\partial t} - w(x,y,t) = \text{div } I(x,y,t) \equiv \frac{\partial I_x(x,t)}{\partial x} + \frac{\partial I_y(x,t)}{\partial y} \quad \dots (10)$$

のように変更され、第 1 信号伝達層 20 の電圧の交流成分  $V(x,y,t)$  に関する方程式

【数 1 4】

$$C \frac{\partial}{\partial t} V + \frac{1}{\eta d} V = \left( j\omega C + \frac{1}{\eta d} \right) V = \frac{1}{\rho} \Delta V \quad \left( \Delta V \equiv \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) V \right)$$

が得られる。この解は、1 次元問題において求めた解に含まれる変数  $\omega C$  を

【数 1 5】

$$\omega C \rightarrow \omega C + \frac{1}{j\eta d}$$

のように置き換えることで得られる。いま、変位電流よりも高抵抗層 42 を垂直方向に流れる電流の方が支配的、すなわち

【数 1 6】

$$\omega C \ll \frac{1}{\eta d} \quad (\text{電流拡散条件})$$

の場合には、1 次元問題の解は

【数 1 7】

$$V(x,t) = \begin{cases} V_0 \exp\{\sqrt{\rho/\eta d} x\} \exp(j\omega t) & x < 0 \\ V_0 \exp\{-\sqrt{\rho/\eta d} x\} \exp(j\omega t) & x > 0 \end{cases} \quad \dots (11)$$

と書かれる。したがって、有効伝達距離



【数 18】

$$D = \sqrt{\frac{\eta d}{\rho}}$$

に対し、

【数 19】

$$V(x, t) = V_0 \exp\left(-\frac{|x|}{D}\right) \exp(j\omega t)$$

が成立する。例えば第 1 信号伝達層 20 の抵抗を適宜設定することにより、所望の有効通信距離を得ることが可能となる。

【0052】

図 8 (c) は、電流拡散型の通信デバイスの構造の別の例を示す図である。この通信デバイス 300 は、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 と、これらの層に電氣的に接続する通信素子 200 を備える。第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 は絶縁層 25 により絶縁されており、第 1 信号伝達層 20 には、第 1 信号伝達層 20 よりも高い抵抗値を有する高抵抗層 42 が電氣的に接続され、この高抵抗層 42 には、通信素子 200 に電力を供給する電源層 44 が電氣的に接続されている。同様に、第 2 信号伝達層 30 には、第 2 信号伝達層 30 よりも高い抵抗値を有する高抵抗層 46 が電氣的に接続され、この高抵抗層 46 には、通信素子 200 に電力を供給する電源層 48 が電氣的に接続されている。図示のとおり、第 1 信号伝達層 20 の上面に、高抵抗層 42 および電源層 44 とがこの順に積層されており、第 2 信号伝達層 30 の下面に、高抵抗層 46 および電源層 48 とがこの順に積層されている。電源層 44、高抵抗層 42、第 1 信号伝達層 20、絶縁層 25、第 2 信号伝達層 30、高抵抗層 46 および電源層 48 は、図 2 における基板装置 14 の積層構造に対応する。図 8 (b) に示した通信デバイス 300 は、通信素子 200 の片面のみに積層構造を形成していたが、図 8 (c) のように、通信素子 200 の両面に上下対称な積層構造を形成してもよい。各層の構成および特性については、図 8 (b) に関連して説明したとおりである。

【0053】

図 10 は、電流拡散型の通信デバイスが信号を発信する原理を説明するための図である。この通信デバイス 300 において、主コンデンサ 34 は、通信素子 200 全体を駆動するために必要な電荷を蓄積する。通信層 36 は、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 (図 8 参照) を模式的に表したものである。この通信素子 200 は、MOS スイッチなどにより構成されるスイッチ 32 のスイッチング動作により電極間インピーダンスを変化させ、信号を発信する。なおスイッチ 32 は処理部 60 (図 3 参照) により所定のタイミングで開閉される。スイッチ 32 に直列にダイオードを挿入してもよい。なおこの方式で、電荷蓄積型の通信デバイスの通信素子 200 を駆動することも可能である。

【0054】

スイッチ 32 を閉じると、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 とが短絡する。その結果、第 1 信号伝達層 20 と第 2 信号伝達層 30 の間に電圧降下が生じ、近傍の通信素子はその影響を受け、この電圧降下を信号として認識する。前述のとおり、連鎖伝達型の通信方式においては、この電圧降下の影響は、近傍の通信素子に伝達されればよく、遠くに位置する通信素子にまで伝達される必要はない。有効通信距離を近傍に位置する他の通信素子の距離程度に設定することにより、電力消費を少なくすることができ、また他の通信素子との干渉を低減することも可能となる。

【0055】

次に、通信素子 200 に電力を供給する方法について説明する。その一つの方法として、図 8 (b) に示すように、通信デバイス 300 を多層構造に形成することにより、電源

層 44 から電力を通信素子 200 に供給することが可能である。通信素子 200 と電源層 44 との間に高抵抗層 42 を介在させることにより、電荷が低抵抗である電源層 44 全面に供給される。そのため通信装置 100 全体に分布している通信素子 200 のコンデンサを安定して充電することができる。

【0056】

<構造例 3>

図 11 (a) は、実施例に係る通信装置 100 の断面を示し、局所的通信を実現する通信デバイスの構造のさらに別の例を説明するための図である。この例において通信デバイス 300 は、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 と、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 に電磁的に接続する通信素子 200 と、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 の間に配置される誘電層 22 とを備える。図示のごとく、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 は、誘電層 22 および複数の通信素子 200 を挟持する。通信素子 200 と誘電層 22 は、電磁的に接続する。第 1 信号伝達層 20、誘電層 22 および第 2 信号伝達層 30 は、図 2 における基板装置 14 の積層構造に対応する。第 2 信号伝達層 30 は接地されたグランド層であってもよい。

【0057】

通信デバイス 300 は、信号を発信するために、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 の通信素子 200 側の表面から、電荷の吸出しおよび放出を繰り返し、交流電流 I を発生させる。層厚などの条件を適宜定めることにより、交流電流 I により発生する電場や電磁場を誘電層 22 に閉じ込めることができ、電磁波動を誘電層 22 内で 2 次元放射状に伝達させることができる。第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 に流れる電流は、誘電層 22 側の表面付近のみを流れ、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 の電気伝導率によって、電磁波動の伝達距離がきまる。これらの電気伝導率が大きければ、減衰は小さく、伝達距離、すなわち有効通信距離が長くなる。

【0058】

第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 は、金属や導電性ゴム材料などの導体により構成されてよいが、誘電体により構成されてもよい。第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 が誘電体で構成される場合、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 は、誘電層 22 の誘電率よりも小さい誘電率を有する材料から構成される。これにより、誘電層 22 内に電場や電磁場を閉じ込めることが可能となる。なお、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 は、空気や真空のような構成をとってもよい。

【0059】

また電場や電磁場を発生させる交流電流 I は、均一な電流であってもよいが、変位電流であってもよい。なお電磁場を発生させるために、レーザーや LED による光などの電磁波を用いることも可能である。

【0060】

図 11 (b) は、局所的通信を実現する通信デバイス 300 の構造の別の例を説明するための図である。この例では、通信デバイス 300 が、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 と、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 に電磁的に接続する通信素子 200 と、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 の間に配置される誘電層 22 a および 22 b と、誘電層 22 a と誘電層 22 b との間に配置される導電層 24 を備える。第 1 信号伝達層 20、誘電層 22 a、導電層 24、誘電層 22 b および第 2 信号伝達層 30 は、図 2 における基板装置 14 の積層構造に対応する。通信デバイス 300 がこのような構造をとった場合であっても、通信素子 200 中に交流電流を発生させることにより、電場または電磁場を利用した通信が可能となる。

【0061】

図 12 (a) は、図 11 (a) に示す通信デバイス 300 が信号を発信する基本原理を説明するための図である。通信デバイス 300 は、スイッチ 26 を交互に切り替えて、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 の間で電荷の吸出し、放出を行い、交流電流を生じさせることにより、電磁場を発生させる。この電磁場は、第 1 信号伝達層 20 およ

び第2信号伝達層30に挟持される誘電層22中を伝わって、近傍に位置する通信デバイス300まで伝達される。

【0062】

図12(b)は、図11(a)に示す通信デバイス300が信号を発信する原理の別の例を説明するための図である。通信デバイス300は、一組のスイッチ26aおよびスイッチ26bを同時に交互に切り替えることにより、第1信号伝達層20および第2信号伝達層30の間に交流電流を発生させ、電磁場を発生させる。

【0063】

図13は、構造例3における通信デバイス300の具体的な実現例を示す。この通信デバイス300は、グラウンド層である第2信号伝達層30および電源層44と、第2信号伝達層30および電源層44に電磁的に接続する通信素子200と、第2信号伝達層30および電源層44の間に積層された誘電層22、第1信号伝達層20、誘電層43を備える。第2信号伝達層30、誘電層22、第1信号伝達層20、誘電層43および電源層44は、この順に積層され、図2における基板装置14の積層構造に対応する。通信素子200は、誘電層22および誘電層43に、電場または電磁場を発生させることにより信号を発信する。通信素子200は、第2信号伝達層30および電源層44に挟持され、周囲を誘電層22、第1信号伝達層20および誘電層43に囲まれて構成される。誘電層22、第1信号伝達層20および誘電層43は、通信素子200に電磁的に接続している。この構造により、通信素子200は、誘電層22および誘電層43における電場または電磁場をそれぞれ検出し、誘電層22および誘電層43における電場または電磁場の差分を検出することによって、信号を高い精度で検出することが可能となる。差分をとることにより、外部から混入するノイズの影響を最小とすることができ、SN比をあげることができる。第1信号伝達層20と、電源層44および第2信号伝達層30の間に図12(a)のようなスイッチ26を設けることにより、第1信号伝達層20と電源層44、および第1信号伝達層20と第2信号伝達層30の間をショートすることができ、第1信号伝達層20の電位をふりやすくなる。これは、通信素子200が電源層44およびグラウンド層である第2信号伝達層30に接続したことの利点である。

【0064】

図14(a)は、図13に示す通信デバイス300を実現する回路動作の概要を示す。通信デバイス300は半導体製造技術を用いてシリコン上に形成されてもよい。通信デバイス300は、pMOSとnMOSを接続したMOSスイッチなどのスイッチ26を有し、スイッチ26は、通信素子200と、グラウンド層である第2信号伝達層30および電源層44との電磁的な接続を交互に切り替える。具体的には、スイッチ26が、送信すべき信号の論理値に応じて、第1信号伝達層20および第2信号伝達層30の接続と、第1信号伝達層20および電源層44の接続とを切り替え、電磁波動として信号を発信する。なお、既述のごとく、第1信号伝達層20と第2信号伝達層30の間には誘電層22が設けられ、また、同様に、第1信号伝達層20と電源層44の間には、別の誘電層43が設けられる。入力部52には、送信すべき信号の論理値に応じた電圧が印加され、スイッチ26によるスイッチング動作が実行される。通信素子200内の処理部60(図3参照)が入力部52に入力信号を供給する。

【0065】

スイッチ26によるスイッチング動作の結果、第1信号伝達層20から第2信号伝達層30に、また電源層44から第1信号伝達層20に電流が発生し、第1信号伝達層20と第2信号伝達層30の間に存在する誘電層22、および電源層44と第1信号伝達層20の間に存在する誘電層43において、2次元放射状に広がる電場または電磁場が発生する。この電場または電磁場は、隣接する通信素子200に伝播される。

【0066】

隣接する通信素子200は、電場または電磁場の変化を観測し、信号を検出する。隣接する通信素子200は、誘電層22において発生した電場または電磁場から信号を検出してもよく、また誘電層43において発生した電場または電磁場から信号を検出してもよい。

。なお、既述のごとく、通信素子 200 は、誘電層 22 および誘電層 43 の両方において発生した電場または電磁場から信号を検出してもよい。誘電層 22 および誘電層 43 における電場または電磁場をそれぞれ検出し、誘電層 22 および誘電層 43 における電場または電磁場の差分を検出することによって、外部から混入するノイズの影響を最小とすることができ、SN比をあげることができる。

#### 【0067】

図 14 (b) は、第 1 信号伝達層 20 に印加する交流電圧の振幅を制限する回路の例を示す。電源層 44 および第 2 信号伝達層 30 から第 1 信号伝達層 20 に電圧を印加する電力経路のそれぞれに、電圧を制限するための電圧制限素子 54、この例ではダイオード列を配置させる。電圧制限素子 54 として、1 個または複数個のダイオードを順方向にそれぞれの電力経路に挿入することにより、第 1 信号伝達層 20 に印加する電圧を制限することができる。電圧制限素子 54 を設けない場合、第 2 信号伝達層 30 からのグランド電圧 (0 [V]) と、電源層 44 からの電源電圧 ( $E$  [V]) とが交互に第 1 信号伝達層 20 に印加されるが、第 2 信号伝達層 30 からの電力経路と電源層 44 からの電力経路にそれぞれ  $n$  個のダイオード列を順方向に挿入した場合には、第 1 信号伝達層 20 には、 $ne$  [V] と  $(E - ne)$  [V] の電圧が交互に印加されることになる。ここで  $e$  [V] は、ダイオードの順方向電圧を示す。

#### 【0068】

電圧制限素子 54 を設けることにより、電源電圧が信号発信に必要な電圧よりも十分高い場合であっても、印加電圧を必要なレベルにまで下げることが可能となる。また、電圧制限素子 54 を電力経路に挿入することによって、電流量が減るため、消費電力を下げることができ、通信デバイス 300 の省電力化に寄与することになる。なお、第 2 信号伝達層 30 と第 1 信号伝達層 20 の間に設けられる電圧制限素子 54 a と、電源層 44 と第 1 信号伝達層 20 の間に設けられる電圧制限素子 54 b の抵抗値は異なってもよい。

#### 【0069】

以上、通信装置 100 を構成する通信デバイス 300 の構造例について説明した。通信デバイス 300 は所定の通信距離を有しており、基板装置 14 が一様な積層構造を有する場合は、隣接する通信素子 200 同士が、基板装置 14 において、互いに通信距離の範囲内に位置するように配置されればよい。これにより、通信素子 200 を自由に配置することが可能となり、システムの柔軟性という観点から優れているといえる。

#### 【0070】

以下では、基板装置 14 に工夫を凝らし、通信の安定性を高めるために基板装置 14 を複数のサイトに分割して、このサイトを利用して通信装置 100 を構成する例について説明する。なお、第 1 信号伝達層 20 に関して説明するが、第 2 信号伝達層 30 も第 1 信号伝達層 20 と同様の構造および機能等を具備することができる。

#### 【0071】

図 15 (a) は、通信装置 100 における第 1 信号伝達層 20 の抵抗分布を示す。第 1 信号伝達層 20 は、複数のサイト 210 と、サイト 210 を囲む高抵抗領域 212 を含む。サイト 210 は、高抵抗領域 212 よりも低い抵抗値を示し、低抵抗領域を構成する。通信素子 200 はサイト 210 に配置され、最も単純な構造においては、1 つのサイト 210 につき 1 つの通信素子 200 が存在する。図示のごとく、第 1 信号伝達層 20 において、 $5 \times 5$  の四角形のサイト 210 が形成されている。なお、1 次元的にサイト 210 と高抵抗領域 212 とを交互に配置し、帯状の第 1 信号伝達層 20 を構成してもよい。

#### 【0072】

最初に、信号を発信する通信素子 200 の周囲に連続的な電圧勾配が生じ、この電圧降下を検出することにより、信号を認識する場合について考察する。電極の大きさが電圧降下の生じる拡散距離よりも著しく小さい場合、電極付近での電圧降下が大きくなる。図 15 (b) は、均一な抵抗で第 1 信号伝達層 20 が形成されているときの電圧振幅分布を示す。発信する通信素子 200 から離れた地点に所定の閾値以上の電圧を発生させるためには、発信する通信素子 200 の電極における信号振幅を大きくする必要がある。

## 【0073】

第1信号伝達層20に図15(a)に示すような抵抗分布を設定し、通信素子200を発信させると、サイト210内では、ほぼ均一な電圧を伝達できるようになる。高抵抗領域212の抵抗値を適切に定めれば、信号を発したサイト210から一定の距離までは閾値以上の信号電圧が到達し、それより遠くでは閾値以下となるように、到達信号強度を段階的に変化させることができるようになる。これにより、安定した信号伝達が可能になる。なおサイト210は四角形に限らず、任意の形状であってよい。

## 【0074】

図15(c)は、第1信号伝達層20を抵抗分布をつけて形成したときの電圧振幅分布を示す。図15(c)は、図15(a)において図示する通信素子200eが発信したときの横方向の電圧振幅分布を示している。第1信号伝達層20において、サイト210内では電位に大きな変動はなく、高抵抗領域212を通過するときに、大きな電圧降下が生じる。通信素子200eが発信したサイト210aにおいては、電位が、電源層44から印加される電位 $V_0$ に保たれる。また、横方向に隣り合うサイト210bにおいては電位が全体的に $V_1$ に保たれ、さらに横方向に位置するサイト210cにおいては電位が全体的に $V_2$ に保たれる。したがって、各サイト210における通信素子200の受信電圧の閾値を $V_2$ から $V_0$ の間に設定しておけば、発信する通信素子200に隣接する通信素子200のみが信号を受信することができ、さらに隣の通信素子200は信号を受信することができなくなる。すなわち、第1信号伝達層20における抵抗分布および通信素子200の受信電圧閾値を適切に設定することにより、近傍の通信素子200のみに信号を伝達することが可能となる。これにより、信号の有効通信距離を制限し、信号の衝突を減少させることができるため、連鎖伝達型の通信を安定的に実現することができる。

## 【0075】

以上は、電圧降下を利用した信号伝達を行う通信デバイス300を備えた通信装置100の例であるが、電磁場を利用した信号伝達を行う通信デバイス300に対しても、第1信号伝達層20に抵抗分布を設けることは有効である。

## 【0076】

電磁波の減衰率は、第1信号伝達層20および第2信号伝達層30の伝導率、言い換えると電気抵抗によって定まる。そのため、高抵抗領域212においては電磁波の減衰が大きくなる。このことを利用して、高抵抗領域212により電磁波を強く減衰させることにより、電磁場を近傍のサイト210に局在させることが可能となる。すなわち、隣接するサイト210における通信素子200のみが電磁場の変化を観測できるように、第1信号伝達層20を形成することができる。

## 【0077】

図16は、第1信号伝達層20および第2信号伝達層30に厚み分布を設けた構造を示す。第1信号伝達層20および第2信号伝達層30の間隔を一部狭めることにより、電磁波の減衰効果を高めてもよい。図示のごとく、電磁波の伝達経路、すなわち誘電層22の厚みに変化をもたせることにより、狭くなった伝達経路において電磁波を反射させ、これにより、信号の有効通信距離を制限し、信号の衝突を減少させることができ、連鎖伝達型の通信を安定的に実現することができる。なお、電磁波の吸収体や反射体を第1信号伝達層20と第2信号伝達層30との間に配置し、信号の有効通信距離を制限することも可能である。この場合、電磁波が通過するスペースはあけておく必要がある。

## 【0078】

図17は、サイトを利用した通信装置100の構造の変形例を示す。通信装置100には、信号を伝達する複数の信号伝達層410a、410b、410c、410d、410e、410f、410g、410h、410i（以下、総称する場合は「信号伝達層410」と呼ぶ）が形成される。信号伝達層410は導電性材料により形成され、近傍の信号伝達層410とは互いに絶縁される。隣り合う信号伝達層410の間には高抵抗層420が設けられてもよく、また各信号伝達層410は、互いに離間して高抵抗層420上に設けられてもよい。ここで高抵抗層420は絶縁層として存在してもよい。また、複数の信

号伝達層 410 は、積層構造として形成され、近傍の信号伝達層 410 同士は、積層構造の上下方向に絶縁層を介して重なり合って配置され、通信素子 200 が、絶縁層中に設けられて、上下方向で信号伝達層 410 と接続してもよい。図 17 の通信装置 100 においては、信号伝達層 410 がサイトを構成し、信号を伝達するための第 1 信号伝達層としての役割を果たす。なお、概念的には、高抵抗層 420 も信号を首尾よく伝達するために設けられるものであるため、高抵抗層 420 および信号伝達層 410 を含めて、第 1 信号伝達層と呼んでもよい。

#### 【0079】

通信装置 100 には、2 つ以上の信号伝達層 410 に接続して、当該 2 つ以上の信号伝達層 410 間における信号の送受信を行う計 12 の通信素子 200 e、200 f、200 h、200 i、200 j、200 l、200 m、200 o、200 p、200 q、200 s、200 t が設けられる。図 17 の例では、縦横 3×3 個の信号伝達層 410 が形成されているが、中央の信号伝達層 410 e を除く周囲の信号伝達層 410 には、1 つの信号伝達層 410 にのみ接続する計 12 の通信素子 200 a、200 b、200 c、200 d、200 g、200 k、200 n、200 r、200 u、200 v、200 w、200 x が設けられる。このように、通信装置 100 においては、信号伝達層 410 内または信号伝達層 410 間における信号の送受信を担うべく、計 24 の通信素子 200 が設けられている。図 17 においては、計 12 の通信素子 200 が、隣り合う 2 つの信号伝達層 410 を接続するべく設けられているが、別の例においては、そのうちの一部の通信素子 200 が省略されてもよい。また図示の例では、信号伝達層 410 の個数が少ないため、通信素子 200 の全体の個数（計 24）に対して、複数の信号伝達層 410 にまたがる通信素子 200 の個数（計 12）の占める割合が 50% に過ぎないが、信号伝達層 410 の個数が増えるにつれて、その割合は高くなる。説明の便宜上、以下では、特に断らない限り、通信素子 200 が、複数の信号伝達層 410 に接続する場合を想定して、通信装置 100 の説明を行う。

#### 【0080】

図 17 に示す構成例において、通信素子 200 は、隣り合う 2 つの信号伝達層 410 に電気的に接続し、接続する信号伝達層 410 内に設けられた他の通信素子 200 との間で信号を送受信する機能を有し、また接続する 2 つの信号伝達層 410 間において信号を送受信する機能も有する。信号伝達層 410 内における通信機能として、例えば通信素子 200 e は信号伝達層 410 a と信号伝達層 410 b とに接続するが、信号伝達層 410 a 内に設けられた他の通信素子 200 a、200 d および 200 h との間で信号を送受信することができ、また信号伝達層 410 b 内に設けられた他の通信素子 200 b、200 f および 200 i との間でも信号を送受信することができる。この信号伝達層 410 内における通信を、内方向の通信と呼ぶ。また、信号伝達層 410 間における通信機能として、通信素子 200 e は、信号伝達層 410 a を伝達される信号を信号伝達層 410 b に伝達することができ、また信号伝達層 410 b を伝達される信号を信号伝達層 410 a に伝達することもできる。この信号伝達層 410 間における通信を、外方向の通信と呼ぶ。例えば通信素子 200 e は、信号伝達層 410 a における通信素子 200 a から信号を受信して、信号伝達層 410 b における通信素子 200 f に送信することができ、また、その逆も可能とする。各通信素子 200 が上記のような機能をもつことにより、図 17 に示す通信装置 100 は、配線を形成することなく、任意の通信素子 200 間における通信を実現することができる。

#### 【0081】

通信装置 100 における信号伝達方法を、通信素子 200 d から通信素子 200 f に信号を伝達する場合を例に説明する。ここでは、通信素子 200 d が信号の送信元であり、通信素子 200 f が信号の最終目的地であることを仮定する。この場合、まず通信素子 200 d が、信号伝達層 410 a を介して通信素子 200 e に信号を伝達し、通信素子 200 e が、信号伝達層 410 b を介して通信素子 200 f に信号を転送する。通信素子 200 e に注目すると、通信素子 200 e は、通信素子 200 d との間で信号伝達層 410 a

内通信を行い、また通信素子200fとの間で信号伝達層410b内通信を行うことによ  
って、結果として信号伝達層410bと信号伝達層410cの間の通信を実現すること  
になる。このように各通信素子200が、互いに絶縁された複数の信号伝達層410に接続  
して、信号伝達層410間の通信を行うことにより、信号を送信元の信号伝達層410か  
ら所期の目的地となる信号伝達層410まで順次伝達することができ、送信元および最終  
目的地間の信号伝達を実現することが可能となる。

#### 【0082】

各信号伝達層410には、センシングユニット、パワーユニット、また表示ユニットな  
ど、各種機能を実現するための構成が備えられてもよい。特に、これらのユニットを容易  
に置換可能とすることで、応用性の高い通信装置100を実現することができる。また、  
各通信素子200は外部機器に対するコネクタなどの機能を備え、外部機器との接続を可  
能としてもよい。通信素子200に外部機器とのインタフェース機能をもたせることによ  
り、通信装置100を様々な環境で利用することが可能となる。例えば通信素子200は、  
誘導結合を用いた近接接合を行うコネクタを有してもよい。また、通信素子200は、  
光を用いる近接接合を行うコネクタを有してもよい。さらに、通信素子200は、容量結  
合を利用する近接接合を行うコネクタを有してもよい。また、通信素子200は、機械的  
なコネクタを有してもよい。なお、通信素子200のインタフェース機能については、図  
17に示す通信装置100だけでなく、本明細書において示す他の通信装置100におい  
ても備えられることが好ましい。なお、通信装置100において、全ての通信素子200  
がインタフェース機能をもつ必要はなく、一部の通信素子200のみが有していてもよい  
。

#### 【0083】

図18(a)は、図17に示す通信装置100の断面の一例を示し、この例では、隣り  
合う信号伝達層410が高抵抗層420により絶縁されている。隣り合う信号伝達層41  
0間は、通信素子200により接続され、信号伝達層410間の通信が実現される。

#### 【0084】

図18(b)は通信装置100の断面の別の例を示し、この例では、隣り合う信号伝  
達層410が互いに離間して高抵抗層420上に設けられる。隣り合う信号伝達層410間  
は、通信素子200により接続され、信号伝達層410間の通信が実現される。

#### 【0085】

図19(a)は、通信装置100の構成の変形例を示す。この通信装置100は、六角  
形の複数の信号伝達層410と、信号伝達層410間における信号の送受信を行う複数の  
通信素子200とを有する。図18に示す通信装置100と同様に、各信号伝達層410  
は、高抵抗層420により絶縁されている。

#### 【0086】

図19(b)は、通信装置100の構成の変形例を示す。この通信装置100では、信  
号伝達層410内に高抵抗領域430が形成されて、信号伝達層410内の導電領域が部  
分的に形成されている。なお、図18に示す通信装置100と同様に、各信号伝達層41  
0は、高抵抗層420により絶縁されている。

#### 【0087】

図19(c)は、通信装置100の構成の変形例を示す。この通信装置100は、4角  
形の複数の信号伝達層410と、4つの信号伝達層410に接続する複数の通信素子20  
0とを有する。信号伝達層410の形状は、図18に示す通信装置100における信号伝  
達層410の形状と同様であるが、通信素子200の配置位置が異なっている。なお、各  
信号伝達層410は、高抵抗層420により絶縁されている。

#### 【0088】

以上のように、通信装置100は様々な形状および構造の信号伝達層410を備えるこ  
とができ、また通信素子200が接続する信号伝達層410の個数は任意であってもよい  
。上記した例において、信号伝達層410の形状は正多角形であるが、これに限定するも  
のではない。通信装置100において、各通信素子200は、送信するバケットに最終目



的地となる信号伝達層 410 の識別番号を含めることにより、そのパケットを最終目的地まで伝達する。この実施例において、信号伝達層 410 は平面上に形成されており、各信号伝達層 410 の識別番号として、各信号伝達層 410 の 2 次元座標を利用することとする。なお、別の例においては、識別番号として、信号伝達層 410 に固有のシリアル番号を割り振ることも可能であり、また信号伝達層 410 が 3 次的に形成される場合には、信号伝達層 410 の識別番号を 3 次元座標で表現することも可能である。

#### 【0089】

図 20 は、図 17 に示した通信装置 100 の模式図を示す。図 20 において、各通信素子 200 を結ぶように描かれている実線は、隣り合う信号伝達層 410 が絶縁されている状態を意味する。信号伝達層 410 a を原点とする X Y 軸を設定することにより、信号伝達層 410 a の座標すなわち識別番号を (0, 0)、信号伝達層 410 b の識別番号を (1, 0)、信号伝達層 410 c の識別番号を (2, 0)、信号伝達層 410 d の識別番号を (0, 1)、信号伝達層 410 e の識別番号を (1, 1)、信号伝達層 410 f の識別番号を (2, 1)、信号伝達層 410 g の識別番号を (0, 2)、信号伝達層 410 h の識別番号を (1, 2)、信号伝達層 410 i の識別番号を (2, 2) と定めることができる。信号伝達層 410 の識別番号は、通信装置 100 の製造時に予め設定してもよく、また後述するアルゴリズムにより自律的に設定してもよい。信号伝達層 410 間の信号の伝達は、信号伝達層 410 の識別番号を利用して実現される。以下、信号伝達層 410 の識別番号を、「信号伝達層 ID」と呼ぶ。なお、各通信素子 200 は、自身が接続する信号伝達層 410 の信号伝達層 ID を記憶しており、したがって複数の信号伝達層 410 に接続する場合は、複数の信号伝達層 ID を記憶することになる。

#### 【0090】

各通信素子 200 には、自身が接続する信号伝達層 410 ごとに、信号伝達層 410 内のローカルな識別番号が割り振られる。図示の例では、信号伝達層 410 が四角形に形成されており、信号伝達層 410 において、右側に位置する通信素子 200 のローカル識別番号が「1」、上側に位置する通信素子 200 のローカル識別番号が「2」、下側に位置する通信素子 200 のローカル識別番号が「3」、左側に位置する通信素子 200 のローカル識別番号が「4」に設定される。信号伝達層 410 内の信号の伝達は、このローカル識別番号を利用して実現される。例えば、通信素子 200 e に注目すると、信号伝達層 ID (0, 0) の信号伝達層 410 a においては、右側に位置しているためローカル識別番号「1」を有し、一方で、信号伝達層 ID (1, 0) の信号伝達層 410 b においては、左側に位置しているためローカル識別番号「4」が割り当てられている。以下、通信素子 200 のローカル識別番号を「ローカル ID」と呼ぶ。

#### 【0091】

以上のように、各通信素子 200 は、自身が接続する信号伝達層 410 の信号伝達層 ID と、各信号伝達層 410 におけるローカル ID とを保持する。この前提のもと、この実施例における通信方法を説明する。この通信方法においては、3 種類のパケットを使用する。

#### 【0092】

(1) RTS (request to send-stream) パケット

信号伝達層 410 内の通信素子 200 に対してコネクションの確立を要求するパケット

(2) CTS (clear to send-stream) パケット

RTS 送信元に対してコネクションの確立許可を示すパケット

(3) DT (data transmission-stream) パケット

データ転送のパケット

#### 【0093】

図 21 (a) は、RTS パケットのデータフォーマットを示す。RTS パケットは 3 つのフィールドを有する。以下、各フィールドの項目を示す。

第 1 フィールド: 反応すべき通信素子 200 のローカル ID

第 2 フィールド: コマンド (RTS)



第3フィールド: RTSパケットの送信元の通信素子200のローカルID

【0094】

図21(b)は、CTSパケットのデータフォーマットを示す。CTSパケットは2つのフィールドを有する。以下、各フィールドの項目を示す。

第1フィールド: 反応すべき通信素子200のローカルID

第2フィールド: コマンド (CTS)

【0095】

図21(c)は、DTパケットのデータフォーマットを示す。以下、各フィールドの項目を示す。

第1フィールド: 反応すべき通信素子200のローカルID

第2フィールド: コマンド (DT)

第3フィールド: ホップリミット、すなわち通信素子10の中継回数の上限值

第4フィールド: データ長

第5フィールド: 最終目的地のX座標

第6フィールド: 最終目的地のY座標

第7フィールド: 送信元のX座標

第8フィールド: 送信元のY座標

第9フィールド: 目的地でのアプリケーション

第10フィールド以降: データ

なお、図21(a)～(c)の例では、各フィールドが8ビットで構成されている。

【0096】

図22は、通信装置100における通信方法を説明するための図を示す。図22では、送信元である通信素子200dから最終目的地である通信素子200gに信号を伝達する場合を例にとる。

【0097】

(ステップ1)

通信素子200dは、自身の信号伝達層ID(0, 0)と、最終目的地である通信素子200gの信号伝達層ID(2, 0)の位置関係から、DTパケットを送信する方向を計算し、信号伝達層410a内でDTパケットを伝達すべき通信素子を決定する。すなわち通信素子200dは、通信素子200gまでの最短経路を演算し、DTパケットを、信号伝達層410a、410bを経由して信号伝達層410cに伝達するルートが最短であることを判定する。この経路上に存在する素子は通信素子200eであるため、通信素子200dは、通信素子200eとコネクションを確立するべく、通信素子200eに対してRTSパケットを送信する。このとき、RTSパケットの第1フィールドは「1」に設定される。なお、通信素子200dは、信号の衝突を避けるため、信号伝達層410a内で他の通信素子が通信を行っているか否かを監視し、通信が行われていない場合にRTSパケットを送信することが好ましい。

【0098】

(ステップ2)

通信素子200eは、RTSパケットに含まれる第1フィールドを参照し、RTSパケットが自身宛てであることを判定すると、通信素子200dに対してCTSパケットを送信する。このとき、CTSパケットの第1フィールドは「4」に設定される。

【0099】

(ステップ3)

通信素子200dは、一定時間内に自身宛てのCTSパケットを受け取ると、DTパケットを送信する。DTパケットの第1フィールドは「1」に設定される。通信素子200eは、DTパケットを受け取る。通信素子200dが一定時間内にCTSパケットを受け取れない場合は、ステップ1に戻って、再度RTSパケットを送信する。なお、複数回にわたり通信素子200eからの応答がない場合には、送信先を変更したRTSパケットを送信してもよい。これにより、通信経路を自律的に変更することが可能となる。図20に

戻って、この場合は、RTSパケットの第1フィールドを「2」に設定することが好ましい。

【0100】

(ステップ4)

通信素子200eは、DTパケットを受け取ると、DTパケットを転送する方向を決定する。この場合、通信素子200eは、DTパケットを信号伝達層410a側の通信素子200dより受け取ったため、転送する方向が信号伝達層410b側であること、すなわち外方向であることを決定する。これにより、続くDTパケットの送信を、信号伝達層410bにおいて行うことが定められる。

【0101】

通信素子200eは、自身の信号伝達層ID(1, 0)と、最終目的地である通信素子200gの信号伝達層ID(2, 0)の位置関係から、信号伝達層410b内でDTパケットを伝達すべき通信素子を決定する。最短経路上に存在する素子は通信素子200fであるため、通信素子200eは、通信素子200fとコネクションを確立するべく、通信素子200fに対してRTSパケットを送信する。このとき、RTSパケットの第1フィールドは「1」に設定される。通信素子200eは、信号の衝突を避けるため、信号伝達層410b内で他の通信素子が通信を行っているか否かを監視し、通信が行われていない場合にRTSパケットを送信してもよい。

【0102】

(ステップ5)

通信素子200fは、RTSパケットに含まれる第1フィールドを参照し、RTSパケットが自身宛てであることを判定すると、通信素子200eに対してCTSパケットを送信する。このとき、CTSパケットの第1フィールドは「4」に設定される。

【0103】

(ステップ6)

通信素子200eは、一定時間内に自身宛てのCTSパケットを受け取ると、DTパケットを送信する。DTパケットの第1フィールドは「1」に設定される。通信素子200fは、DTパケットを受け取る。

【0104】

(ステップ7)

通信素子200fは、DTパケットを受け取ると、DTパケットを転送する方向を決定する。通信素子200fは、DTパケットを信号伝達層410b側の通信素子200eより受け取ったため、転送する方向が信号伝達層410c側であること、すなわち外方向であることを決定する。これにより続くDTパケットの送信を、信号伝達層410cにおいて行うことが定められる。

【0105】

通信素子200fは、DTパケットの第5および第6フィールドの目的地座標から、最終目的地が信号伝達層410cにおける通信素子200gであることを認識する。なお、第5および第6フィールドの目的地座標には、信号伝達層410cを特定する座標と、通信素子200gを特定するローカルIDとが含まれるものとする。これにより、通信素子200fは、通信素子200gとコネクションを確立するべく、通信素子200gに対してRTSパケットを送信する。このとき、RTSパケットの第1フィールドは「1」に設定される。

【0106】

(ステップ8)

通信素子200gは、RTSパケットに含まれる第1フィールドを参照し、RTSパケットが自身宛てであることを判定すると、通信素子200fに対してCTSパケットを送信する。このとき、CTSパケットの第1フィールドは「4」に設定される。

【0107】

(ステップ9)

通信素子 200f は、一定時間内に自身宛ての CTS パケットを受け取ると、DT パケットを送信する。DT パケットの第 1 フィールドは「1」に設定される。これにより、最終目的地である通信素子 200g は、DT パケットを受け取ることができる。例えば、通信素子 200g に外部機器が接続されている場合は、DT パケットに含まれるデータを外部に送信することが可能となる。

#### 【0108】

以上の通信方法によると、信号の送信元から最終目的地までの経路を予め設定することなく、信号を中継する各通信素子 200 が信号伝達層 ID をもとに、動的に経路を設定することが可能となる。そのため、通信装置 100 においては、例えば一部の通信素子 200 が故障した場合であっても、その通信素子 200 を回避して、最終目的地まで DT パケットを伝送することが可能となる。

#### 【0109】

なお、図 22 の例では、信号を一軸方向すなわち X 軸方向に伝達する場合を示すが、信号は、斜め方向であっても当然に伝達することができる。例えば、信号伝達層 ID (0, 0) の信号伝達層 410a から信号伝達層 ID (1, 1) の信号伝達層 410e に信号を伝達する場合、途中の経路として、信号伝達層 ID (1, 0) の信号伝達層 410b または信号伝達層 ID (0, 1) の信号伝達層 410d のいずれを経由することも可能である。いずれの経路を選択するかは、ランダムに決定されてもよく、また例えば X 軸方向への信号伝達を Y 軸方向への信号伝達よりも優先的に行うなどの所定の規則に沿って決定されてもよい。

#### 【0110】

図 23 (a) は、信号伝達層 410 を流れる信号の波形フォーマットを示す。各パケットの先頭には、スタートビットと、フィールド開始を示すデータが付加される。スタートビットは、一定時間、ここではデジタル回路の動作クロック周期の 30 倍の時間、「01」のパターンが周期的に繰り返される。この周期パターンにより、サンプリング時間を決定する。通信データは 10 ビットをひとまとまりとして取り扱い、これを 1 フレームと呼ぶ。

#### 【0111】

図 23 (b) は、1 フレームの構成を示す。1 フレームは、8 ビットの実データと 2 ビットのフレーム区切りからなる。例えば、10 進数のデータ「10」を出力する場合には、フレーム区切り「10」を先頭に付加して、フレームは、1000001010 として表現される。また、信号には 20 フレームごとに、ビット列 11111111 を挿入する。このとき、フレーム区切りは挿入しない。フィールド開始指示用データは、フィールド区切り「10」にビット列 11111111 を付加した 1011111111 として表現される。スタートビット後に必ずこのデータ列が挿入され、このデータ列の後が、各パケットの先頭となる。

#### 【0112】

図 24 は、通信素子 200 のデジタル回路の実現例を示す。デジタル回路におけるポート定義は以下のとおりである。

(入力ポート)

Ainp\_a: 入力信号 (常時観測型コンパレータからの出力)

Ainp\_b: 入力信号 (常時観測型コンパレータからの出力)

Init\_flg: 初期化フラグ

clk: マスタークロック

in: サンプリングされた信号

ms: 信号伝達層選択

selectID: 0: ローカル ID\_a=1 1: ローカル ID\_a=2

sleepmode: 0: スリープモードなし

tSite\_x: 信号伝達層 X 座標

tSite\_y: 信号伝達層 Y 座標

#### 【0113】

## (出力ポート)

Inp\_a: 信号伝達層内方向入力判定フラグ 0: 入力なし 1: 入力あり  
Inp\_b: 信号伝達層外方向入力判定フラグ 0: 入力なし 1: 入力あり  
OutBit\_a: 信号伝達層内方向出力データ  
OutBit\_b: 信号伝達層外方向出力データ  
OutBit\_na: OutBit\_aの反転  
OutBit\_nb: OutBit\_bの反転  
ena\_AppL: アプリケーション層プロセスイネーブル  
ena\_dwnDatL: データリンク層プロセスイネーブル  
ena\_dwnNetL: ネットワーク層プロセスイネーブル  
ena\_upDatL: データリンク層プロセスイネーブル  
ena\_upNetL: ネットワーク層プロセスイネーブル  
inmonitor: 物理層プロセス監視フラグ 1: スタートビット検出

## 【0 1 1 4】

図 2 5 は、通信素子 2 0 0 のデジタル回路におけるプロセスの状態遷移図を示す。通信素子 2 0 0 は、以下に示す各状態をとることができる。

## (状態 0) 開始・初期化

各レイヤのプロセスを初期化したのち、状態 1 へ遷移する。このとき、通信素子 2 0 0 はいずれの方向からの入力も受け入れることができる。

## 【0 1 1 5】

## (状態 1) R T S 待ち・受け入れ

信号伝達層 4 1 0 の内方向または外方向の通信のうち、早く到達した方向のデータを受け入れるように、Inp\_a、Inp\_bのいずれかを 1 にする。以後 1 になった方のデータをサンプリングする。なお信号伝達層 4 1 0 の内方向の通信とは、信号伝達層 4 1 0 内の他の通信素子 2 0 0 とのデータの送受信を意味し、信号伝達層 4 1 0 の外方向の通信とは、その信号伝達層 4 1 0 とは異なる信号伝達層における通信素子との間のデータの送受信を意味する。

## 【0 1 1 6】

入力データの第 1 フィールドより順に R T S フォーマットに準じた判定を行い、コネクションを確立するかどうか決定する。R T S パケットを正しく受け取った場合は状態 2 へ遷移する。プロセスエラーを検出した場合は状態 0 へ戻る。

## 【0 1 1 7】

## (状態 2) C T S 出力

C T S パケットを出力する。出力方向は R T S パケットを受け取った方向と同じである。このとき、他の方向からの信号がきてもすべて無視される。出力中にエラーが生じた場合は状態 0 へ遷移する。出力が完了したら状態 3 へ遷移する。

## 【0 1 1 8】

## (状態 3) D T 待ち・受け入れ

D T パケットを受け入れる。受け入れ方向は C T S パケット出力の方向と同じ方向である。一定時間内 (100T: T はマスタークロック周期) に D T パケットがこない場合はエラーとし、状態 0 へ遷移する。D T パケットを取得中にエラーが発生した場合、すでに 10 バイト以上データを取得した場合は状態 4 へ遷移し、それ以外の場合は状態 0 へ遷移する。

## 【0 1 1 9】

## (状態 4) ルーティング

ネットワーク層のプロセスであり、D T パケットのヘッダ部より、目的地の座標を取得する。取得データと、自身の座標と比較して、目的地が、自身の信号伝達層 4 1 0 の座標と一致していればアプリケーション層へプロセスを渡す。目的地ではない場合は次のコネクション先 (方向、ローカル I D) を決定する。このとき、D T パケットのヘッダ部の第 1 フィールド (反応すべきローカル I D) と第 3 フィールド (ホップリミット) を書き換え、状態 5 へ遷移する。ホップリミットの書き換えは、中継数の上限値を 1 デクリメント

することにより行う。

【0120】

(状態5) RTS出力

次のコネクション先へRTSパケットを出力する。このとき物理層では出力方向のネットワークの占有状況を監視し、時間16T(2バイト)の間に周囲の素子が通信を行っていないならば、出力を開始する。RTSパケットの出力が完了すると、状態6へ遷移する。周囲の素子が通信を行っていて、一定時間(100T)まっても出力が開始されない場合は状態8へ遷移する。

【0121】

(状態6) CTS待ち・受け入れ

自身宛のCTSパケットを待ちうける。一定時間(100T)内にCTSパケットを受け取ると、状態7へ遷移する。一定時間内にCTSパケットを受け取らなければ、状態8へ遷移する。

【0122】

(状態7) DT出力

DTパケットを出力する。出力方向はRTS出力方向と同じである。データが正しく出力できたら状態9へ遷移する。途中、エラーを検出したら状態8へ遷移する。

【0123】

(状態8) 再ルーティング

コネクションが正しく確立できなかった場合、5回までは同じ通信素子に対してコネクションを確立しようとする。5回の挑戦でもコネクションが確立されなかった場合、ネットワーク層で別なルートを計算する。ルートを再計算後、状態5へ遷移する。

【0124】

(状態9) 終了・初期化

全てのフラグを初期化して状態0へ遷移する。

【0125】

以上、この実施例においては、各信号伝達層410に予め信号伝達層IDが付与されていることを前提としてきたが、各信号伝達層410に含まれる通信素子200は、自身の接続する信号伝達層IDを動的に取得することも可能である。

【0126】

以下に「ID決定コマンド」を使用する例を示す。ID決定コマンドには、信号伝達層410の座標(X, Y)が記述される。ID決定コマンドを受け取った通信素子200は、自身の属する信号伝達層410の座標が(X, Y)であることを認識する。

【0127】

各通信素子200は、ID決定コマンドを、同一信号伝達層410内におけるローカルIDが「1」および「2」の通信素子200に送信する。このとき、送信先の通信素子200が通信中である場合は、ID決定コマンドの送信を停止する。ID決定コマンドを受信した通信素子200は、受信した方向とは別の方向、すなわち内方向とは逆向きの外方向に存在する別の信号伝達層410にID決定コマンドを送信する。具体的に、「1」のローカルIDでID決定コマンドを受信した通信素子200は、隣り合う信号伝達層410において、「4」のローカルIDをもつ通信素子200として座標(X+1, Y)を記述したID決定コマンドを送信する。また、「2」のローカルIDでID決定コマンドを受信した通信素子200は、隣り合う信号伝達層410において、「3」のローカルIDをもつ通信素子200として座標(X, Y+1)を記述したID決定コマンドを送信する。

【0128】

以上のように通信素子200が機能することにより、通信装置100への電源投入後に、左下隅の信号伝達層410aの座標を(0, 0)として、信号伝達層410aに属する通信素子200からID決定コマンドを送信することによって、全ての信号伝達層410に信号伝達層IDを動的に割り振ることが可能となる。

## 【0129】

このように、少なくとも一つの信号伝達層 410、この例では信号伝達層 410a に基準となる信号伝達層 ID (0, 0) を設定し、その基準となる信号伝達層 ID をもとに、他の信号伝達層 410 の識別番号を順次設定することにより、通信装置 100 内の信号伝達層 410 の信号伝達層 ID を設定することが可能となる。基準となる信号伝達層 ID は、通信装置 100 における左下隅の信号伝達層 410a に限らず、他の信号伝達層 410 に設定してもよい。例えば、図 20 の通信装置 100 において、中央の信号伝達層 410e を信号伝達層 ID を決定するための基準信号伝達層として定めた場合には、信号伝達層 410e に属する通信素子 200m、500p、500i、500l が、外方向に ID 決定コマンドを送信して、周囲の信号伝達層 410 の信号伝達層 ID を順次設定していけばよい。このアルゴリズムにおいては、通信素子 200 は、自身が接続する信号伝達層 410 の信号伝達層 ID を含んだ信号 (ID 決定コマンド) を受け取ると、その信号を伝達した信号伝達層 410 の信号伝達層 ID を保持し、続いて自身が接続する他の信号伝達層 410 の信号伝達層 ID を設定して、設定した信号伝達層 ID を含む ID 決定コマンドを、当該他の信号伝達層 410 に送信する。この実施例における通信装置 100 によると、通信素子 200 がローカル ID を保持し、信号伝達層 410 における自身の位置関係を把握することによって、座標で表現する信号伝達層 ID を簡易なアルゴリズムによって自律的に設定することが可能となる。

## 【0130】

以上のアルゴリズムにより、絶対的な信号伝達層 ID を決定することができるが、変形例として、通信ごとに相対的な位置関係を求め、その位置関係を利用して通信を実現してもよい。例えば、信号の発信元となる通信素子 200 が接続する信号伝達層を原点 (0, 0) と設定し、信号の送信先となる通信素子 200 が接続する信号伝達層の相対的な座標値 (x, y) を求め、発信元である通信素子 200 は、相対的な位置関係を利用して、信号を所望の送信先となる信号伝達層まで送信してもよい。複数の発信元と送信先が存在して、複数の経路によりそれぞれ独立した通信を実現する通信装置 100 においては、それぞれの発信元となる通信素子 200 が、相対的な位置関係として送信先を把握しておくことで、通信装置 100 の柔軟性を高めることができる。この場合、送信先の相対的な座標値 (x, y) を求め、例えば、右方向に x、上方向に y、という宛先をバケットに含めることで、信号を所望の送信先まで伝達することが可能となる。こうすることで、信号伝達層に予め ID を設定しておかない場合であっても、通信を行うことができる。

## 【0131】

上記の実施例では、信号伝達層に ID を予め設定する場合について説明したが、これは例えば通信素子 200 自体に ID を予め設定して通信を行うようにしてもよい。この場合であっても、通信ごとに通信素子 200 の間の相対的な位置関係を利用して、通信を行うこともでき、すなわち通信素子に予め ID を設定しておかない場合であっても、通信を行うことが可能である。

## 【0132】

また、上記の実施例では、通信素子 200 が、一旦信号を受信してから転送することとしたが、信号の受信が完了する前に、信号の転送を開始してもよい。DT パケットにおいては、パケットの先頭にコマンドや目的地の座標などのヘッダ項目が記述されているため、ヘッダ項目を受け取った時点から、信号の転送先となる通信素子 200 を特定して、コネクションの確立を行い、DT パケットを受信しながら、その DT パケットを転送先となる通信素子 200 に順次転送することが可能である。これにより、データが最終目的地に到達するまでの遅延時間を減らすことができ、またスループットを向上することが可能となる。

## 【0133】

以上、様々な通信デバイス 300 の形態および通信装置 100 の構造について説明した。通信装置 100 における局所的通信は、例えば、各通信素子 200 が ID をもち、周囲に存在する通信素子の ID を認識することで、行われてもよい。本発明者らにより提案さ

れた特開2003-188882号公報においては、通信方法の一例が示されている。

【0134】

上述の実施例および実施例で用いた図面では、通信素子200を基板装置14の中に埋め込んだ状態ないしは絶縁層（高抵抗層）上に配置した状態で示したが、以下では、通信素子200を基板装置14に外部から取り付け可能な技術を提案する。通信素子200は着脱自在に取り付けることができ、状況に応じてセンサ機能をもつ通信素子200などを任意の場所に配置できることが好ましい。

【0135】

図26(a)は、基板装置14の構造を示す。基板装置14は開口部80を有する。開口部80は、通信素子200を嵌入するための穴部であり、図示のごとく積層構造を貫通する穴部として構成されてもよいが、貫通しなくてもよい。図示の例では、基板装置14は、絶縁層23、第2信号伝達層30、絶縁層25、第1信号伝達層20、絶縁層21、電源層44および絶縁層27から構成される積層構造を有している。図中、開口部80は1つしか示されていないが、基板装置14は複数の開口部80を有する。開口部80は所定の間隔で設けられることが好ましい。この間隔は、通信素子200の有効通信距離を最大として、有効通信距離以下の距離に設定されるのが好ましい。なお、通信素子200を挿入する以前は、柔軟ゴムなどの封止材で開口部80を塞いでおき、必要が生じたときに封止材を取り外して通信素子200を装着する。

【0136】

この積層構造は、図4に示す積層構造に更に電源層44を追加したものであり、電源層44が絶縁層21により第1信号伝達層20と絶縁されている。既述のごとく、第2信号伝達層30は接地層であってよい。通信装置100の使用形態によっては第2信号伝達層30を省略してもよく、例えば接地された導電性の板状部材に基板装置14を貼り付ける場合は、その板状部材を接地層として利用することも可能である。この場合には、基板装置14が、絶縁層23および第2信号伝達層30を除いた積層構造を備えることになる。絶縁層23および絶縁層27は、基板装置14の表面を絶縁し、外部からの電荷の流入または外部への電荷の放出を阻止する。なお、積層構造の例としては、上記した他の基板装置14の構造をとってもよい。

【0137】

この積層構造において、電源層44が通信素子200に電力を供給し、第1信号伝達層20および第2信号伝達層30が、供給された電力を使用して信号伝達に寄与する。そのため通信素子200を開口部80に装着すると、通信素子200の電極が、第1信号伝達層20、第2信号伝達層30および電源層44に電気的に接続する必要がある。

【0138】

開口部80は、通信素子200と電気的に接続するべき層、図示の例では第1信号伝達層20、第2信号伝達層30および電源層44を外部に露出するように設けられる。開口部80は、電気的に接続するべき層の表面を露出させ、且つ、露出面が階段状となるように形成されることが好ましい。接続するべき層の表面を階段状に設けられた開口部80の平坦部で露出させることで、通信素子200との接続面積を広くとることが可能となる。

【0139】

この形状は、例えば既知のバターニング技術などを利用して作製することができる。絶縁層27を基板装置14の上面、絶縁層23を下面として上下方向を定めると、通信素子200は、上面側から下方向に押されて開口部80に挿入される。そのため、挿入方向において、通信素子200の電極と基板装置14の露出表面とが押下力により好適に接触することとなり、弾性をもつ基板装置14の各層との電気的接続を確実にすることができる。なお、電極と露出面との接触は、各層の側面においてなされてもよい。このとき、通信素子200の挿入部位を横方向に広がる方向に弾力をもつように構成することで、通信素子200の電極と露出側面との好適な接触を実現することができる。

【0140】

図26(b)は、基板装置14の構造の変形例を示す。基板装置14は、絶縁層23、

第2信号伝達層30、絶縁層25、第1信号伝達層20、絶縁層21、電源層44および絶縁層27から構成される積層構造を有する。図26(a)の基板装置14の構造と比較すると、図26(b)の基板装置14においては、開口部80が、テーパ状に形成されている。通信素子200と電氣的に接続するべき層は、テーパ状に形成された開口部80の表面において外部に露出する。このように構成することで、基板装置14の開口部80を容易に作成することが可能となる。

#### 【0141】

図26(c)は、基板装置14の構造の変形例を示す。基板装置14は、絶縁層23、第2信号伝達層30、絶縁層25、第1信号伝達層20、絶縁層21、電源層44および絶縁層27から構成される積層構造を有する。図26(a)の基板装置14の構造と比較すると、図26(c)の基板装置14においては、開口部80が、筒状に形成されている。通信素子200と電氣的に接続するべき層は、筒状に形成された開口部80の側面において外部に露出する。このように構成することで、図26(b)に示す基板装置14よりも、開口部80を容易に作成することが可能となる。

#### 【0142】

図26(d)は、基板装置14の構造の変形例を示す。基板装置14は、絶縁層23、第2信号伝達層30、絶縁層25、第1信号伝達層20、絶縁層21、電源層44および絶縁層27から構成される積層構造を有する。図26(c)の基板装置14の構造と比較すると、図26(d)の基板装置14においては、開口部80が、層方向に凹凸を有するように形成されている。なお凹凸は、1つの層方向において形成されていればよく、例えば図面に垂直な方向まで凹凸を有している必要はない。通信素子200と電氣的に接続するべき層は、開口部80の側面において外部に露出する。このように構成することで、通信素子200を開口部80に挿入したときに、通信素子200を開口部80に確実に固定することができ、また通信素子200の電極と、基板装置14の接続するべき層との対応を確実にとることができる。なお、この場合には、コネクタまたは基板装置14の少なくとも一方を、弾性材料で形成することが好ましい。

#### 【0143】

図27(a)は、基板装置14の開口部80に通信素子200を挿入した状態を示す。通信素子200は、開口部80における各層の露出面に接触する電極224を備えたコネクタ222と、通信用LSI220を備える。通信用LSI220は、図3に示した機能を備えて、これまでの実施例で述べた局所的通信を行う能力をもつ。なお、通信用LSI220は、通信機能だけでなく、センサ機能などの他の付加的な機能を有してもよい。コネクタ222と通信用LSI220は一体として構成されてもよく、また別体として構成されてもよい。例えばコネクタ222と通信用LSI220は、接続部228においてハンダ接続、ワイヤボンディング接続あるいはフリップチップ実装などで電氣的に接続される。

#### 【0144】

なお、図示の例では、通信用LSI220が直方体の形状を有しており、通信用LSI220の平坦な下面において接続されているが、通信用LSI220は、コネクタ222の内部形状の空間に合わせて形成されてもよい。なお、通信用LSI220をシリコン微細加工技術により開口部80の形状に合わせて直接階段状に形成し、開口部80に直接押し込んでもよく、この場合は、通信用LSI220がコネクタとしての機能も有することになる。

#### 【0145】

コネクタ222は、対となる固定用の止め部材226を有する。止め部材226は、横方向外向きに突起しており、貫通穴である開口部80に挿入されて、最下面である絶縁層23を突き抜けると、止め部材226の外向き突起部により、コネクタ222が基板装置14に固定される。このように、開口部80を貫通口とすることで、コネクタ222と基板装置14との固定機構を簡易に実現できる。なお、止め部材226は、横方向内向きに曲げることができるため、ユーザが止め部材226を指でつまんで内向きに変形させると



、コネクタ 222 を開口部 80 から容易に引き抜くことができる。なお、絶縁層 23 を保護するため、絶縁層 23 の貫通穴の周囲に補強部品 230 を設けて、補強部品 230 と止め部材 226 とが接触するようにしてもよい。なお補強部品 230 は、設けられない場合があってもよい。

#### 【0146】

コネクタ 222 の基体は、電氣的な短絡等を防ぐために絶縁体で構成される。コネクタ 222 の外部形状は、開口部 80 の形状に合わせて階段状に構成される。コネクタ 222 の外表面には、基板装置 14 の各層との電気接続を行うための複数の電極 224 が設けられ、この電極 224 と接続部 228 とが配線で接続される。図示の例では、第 1 信号伝達層 20a および 20b のそれぞれに 2 つの電極 224 が接触し、それぞれ別個の接続部 228 で通信用 LSI 220 と接続するように配線が設けられている。これは、通信素子 200 が、第 1 信号伝達層 20a および 20b の 2 つのサイトに接続する例を示しており、サイト分割した図 17 の通信装置 100 に相当する。すなわち、図中の第 1 信号伝達層 20a および 20b は、図 17 において隣接する信号伝達層 410 に相当する。図 28 において別の例を示すが、これは、各サイトの深さが同一となるように設計されている例である。

#### 【0147】

基板装置 14 における各層との接続を確実にするため、コネクタ 222 の上下方向の外部形状は、開口部 80 の形状に一致させるか、または僅かに小さく形成されてもよい。具体的には、階段状に形成された開口部 80 の段差部分よりも、コネクタ 222 の外部形状における段差部分の方が僅かに小さくなるように形成されることが好ましい。基板装置 14 の積層構造が可撓性すなわち弾性を有している場合、コネクタ 222 を開口部 80 に押し込むと、止め部材 226 によりコネクタ 222 が開口部 80 に固定された状態で、積層構造が上下方向に縮み、コネクタ 222 の階段状の外表面に対して各層から上向きに押し上げる方向に押圧力が加わるため、電氣的な接続を確実にすることができる。

#### 【0148】

図 27 (b) は、コネクタ 222 の構造を示す。中段の平坦部において、電極 224 が 2 つに分割されている状態が示される。第 1 信号伝達層 20 のサイト分割を行わない場合には、電極 224 は上段または下段の電極と同様に、平坦部の全体に構成されることが好ましい。なお、図 26 (b) ~ 図 26 (d) に示す構造を基板装置 14 がとる場合には、コネクタ 222 の形状も、それぞれの開口部 80 の形状に合わせた外部形状および電極を有して構成される。

#### 【0149】

図 28 (a) は、第 1 信号伝達層 20 において、サイトの深さが異なる場合を示す概念図である。通信素子 200 は、深さの異なるサイト 1 およびサイト 2 に接続する。図 28 (b) は、深さの異なる複数の第 1 信号伝達層 20a および 20b を有する基板装置 14 の断面構造を示す。この場合、図 27 (a) と比べると、接続するべき層が一層増えるが、第 1 信号伝達層 20a および 20b を別の高さの層に形成することで、コネクタ 222 と各層との電氣的接続を確実に行うことが可能となる。また、第 1 信号伝達層 20 を 2 層に分けて形成することで、コネクタ 222 の電極との接触部位を開口部 80 の周囲にわたり設けることができるため、限られた領域の中で接触部分を大きくすることができ、良好な電氣的接続を可能とする。第 1 信号伝達層 20a および 20b は、開口部 80 において露出するように、開口部 80 付近の領域で互いに重なるように形成されていけばよい。第 1 信号伝達層 20a はサイト 1 を構成し、第 1 信号伝達層 20b はサイト 2 を構成する。

#### 【0150】

図 29 は、基板装置 14 における第 1 信号伝達層 20a および 20b の位置関係の一例を示す。第 1 信号伝達層 20a と第 1 信号伝達層 20b は、別の層、つまり積層構造において異なる高さに形成される。図中、丸印は、開口部 80 を示す。この例では、第 1 信号伝達層 20 がホームベース状の五角形に形成され、1 つの第 1 信号伝達層 20 が、別の高さの層にある第 1 信号伝達層と 4 箇所重なり合うように構成されている。それぞれの層

において、第1信号伝達層20aおよび20bを図示のごとく配置することで、第1信号伝達層20aおよび20bが重なる箇所に、開口部80を形成することができ、また、どこに開口部80を形成しても、第1信号伝達層20を露出させることが可能となる。これは、基板装置14の全面にわたって第1信号伝達層20aまたは20bが存在するように、これらの信号伝達層の形状を工夫することで実現できる。なお、例えばセンサ素子などをいずれか一層と接続する開口部に装着することも可能である。同一の高さに隣り合う複数のサイトを形成する場合、位置決めを正確に行う必要があるが、このように別の高さの層を用いてサイト分割を実現することで、厳密な位置決め精度を必要とせず、第1信号伝達層20の形成が容易となる利点がある。なお形状は、ホームベース状に限らず、任意の形状をとることが可能である。

#### 【0151】

図28(b)に戻って、第2信号伝達層30との接続は、補強部品230を介して行われる。止め部材226および補強部品230を導体で形成し、止め部材226から配線を接続部228まで延ばす。絶縁層23は、補強部品230を設ける箇所に切欠を形成され、その切欠に導体である補強部品230をはめ込む。こうすることで、止め部材226の最下面が絶縁層23の表面から下方に突出する長さを短くすることができ、また補強部品230の厚さと止め部材226の厚さを薄くすることで、絶縁層23の表面から突出させないようにすることができる。

#### 【0152】

図30は、コネクタ222と基板装置14の固定方法を説明するための図である。図30(a)は、補強部品230に弾性をもつ止め部材226を嵌め込む形式の固定方法を示す。図30(b)は、コネクタ222の先端にネジである止め部材226を形成し、補強部品230にネジ穴を切って、補強部品230をネジに螺合する形式の固定方法を示す。ネジを利用することで、固定具合をある程度調整することができ、コネクタ222および基板装置14の製造誤差を吸収できる。例えば、コネクタ222の電極と基板装置14の各層との接触不良が生じている場合には、ネジをさらにきつく締めることで対応することができる。図30(c)は、コネクタ222の先端部に接着剤31をつけて、絶縁層23に固着する形式の固定方法を示す。ここでは、開口部80を貫通させず、絶縁層23を残して、絶縁層23とコネクタ222の先端部とを接着させる。なお、第2信号伝達層30も残して、第2信号伝達層30とコネクタ222の先端部とを導電性の接着剤で接着させてもよい。

#### 【0153】

図31は、コネクタ222の構造の変形例を示す。図31(a)は、一方向の両側を階段状に形成したコネクタ222を示す。図31(b)は、一方向の片側を階段状に形成したコネクタ222を示す。止め部材226は、4つ示されているが、図27(b)に示すように2つであってもよく、またそれ以外の個数であってもよい。止め部材226から見た形状は、4角形、円形または任意の形状を有してよい。なお、コネクタ222は基板装置14の開口部80の形状に応じて形成される必要があり、図31に示すようなコネクタ222は、それに対応する開口部80を有した基板装置14に適用されることは言うまでもない。

#### 【0154】

図32は、コネクタ222にケーブル232を取り付けた構造を示す。コネクタ222付きのケーブル232を利用することで、外部機器が通信装置100に容易に接続できるようになる。これにより、外部機器は、通信装置100における通信に参加することができ、また別のケーブルを介して通信装置100に接続される別の外部機器との通信も可能となる。このように、通信装置100は通信中継装置として機能してもよく、ユーザは、適当な開口部80にケーブル232のコネクタ222を差し込むだけでよい。なお、他の開口部80には、既述のように、通信素子200を挿入すればよい。このとき、通信素子200は、外部機器間の通信を中継する中継素子として機能することになる。

#### 【0155】

図 33 は、コネクタ 222 を、別のコネクタ 234 との電気接続に利用する例を示す。コネクタ 222 の内部形状を雌型に構成することで、雄型のコネクタ 234 の受け口となる。コネクタ 222 に対して、任意の外部機器や、所定の機能をもつ機能素子、例えば発光素子、計算素子、センサ等の着脱が可能となる。

【0156】

図 34 は、開口部 80 およびコネクタ 222 の変形例を示す。なお、この基板装置 14 は、図 28 (b) に示すように、別の層に第 1 信号伝達層 20a および 20b を備えた構成を有する。開口部 80 は、上面側だけでなく下面側も階段状に形成されており、コネクタ 222 は、別体である上側コネクタ部材 222a と下側コネクタ部材 222b とから構成される。上側コネクタ部材 222a には止め部材 226 が設けられ、下方より先に装着された下側コネクタ部材 222b の穴部に嵌合して、上側コネクタ部材 222a と下側コネクタ部材 222b とが基板装置 14 に固定される。このように、2 つのコネクタ部材を用いると、上面側と下面側から基板装置 14 における各層に接続できるため、開口部 80 における階段の段数を少なくすることができ、したがって横方向の広がりを小さくして、開口部 80 を小さくできる。また、止め部材 226 を基板装置 14 の内部にとどめることができ、止め部材 226 が外部に突き出ない。

【0157】

図 35 は、コネクタ 222 の構造の変形例を示す。このコネクタ 222 は、図 34 に示すコネクタ 222 と異なり、上側コネクタ部材 222a および下側コネクタ部材 222b が、内部空間を有しないで構成されている。なお、図 35 に示すコネクタ 222 においても、それぞれのコネクタ部材の内部に配線が通り、基板装置 14 における接続すべき層と通信用 LSI 220 の端子とが電氣的に接続される。このように内部を絶縁体で充填する場合には、通信用 LSI 220 の端子位置に合わせた配線を自由に設けることができるため、メリットがある。

【0158】

図 36 は、開口部 80 の構造の変形例を示す。この例では、開口部 80 は 2 段で形成され、図 27 の例と比較すると、段数を 1 段減らした構造となっている。これにより、製造工程を簡易にすることができ、また開口部 80 の幅を小さくすることができる。なお、導電性の補強部品 230 と第 2 信号伝達層 30 を接続し、またこの補強部品 230 と止め部材 226 とを接続する。止め部材 226 は、配線により接続部 228 に接続される。

【0159】

図 37 は、図 13 に示す通信デバイス 300 をコネクタ 222 を用いて実現するための構造を示す。図 13 に示す通信デバイス 300 では、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 との電氣的接続をとればよいため、開口部 80 を 1 段で形成し、またコネクタ 222 の構造を簡易にすることができる。

【0160】

図 38 は、電極 224 の構造例を示す。基板装置 14 の積層構造の完成後、層を削ることで開口部 80 を形成する場合に、露出させるべき層の表面に絶縁層が残存する可能性がある。そのため、電極 224 の表面に短いピンを剣山のように設けることで、絶縁層が残存していても、所望の層との電氣的接続を確保することができる。

【0161】

図 39 は、複数の接続ピン 225 を備えた通信素子 200 を示す。接続ピン 225 は、通信用 LSI 220 の接続端子として作用し、通信用 LSI 220 の下面から下方に伸びる。接続ピン 225 は、表面を絶縁体でコーティングされ、その先端で電氣的接触を行う。接続ピン 225 の長さは、接続すべき層の深さに応じて適宜定められる。また複数の接続ピン 225 が、同一の層と接触し、電氣的な接続を安定にする。この例では、接続ピン 225a および 225f が第 2 信号伝達層 30 に接触し、接続ピン 225b および 225e が第 1 信号伝達層 20 に接触し、接続ピン 225c および 225d が電源層 44 に接触する。

【0162】

以上の通信装置 100 においては、第 1 信号伝達層 20、第 2 信号伝達層 30 および電源層 44 などが広い範囲または所定の範囲で一様な構造をもち、通信素子 200 は、基板装置 14 内で 2 層で挟み込まれるか、あるいは電極 224 を接続すべき層に直接接触させるなどして、電気的接続を確保している。

#### 【0163】

図 40～図 42 は、本発明の実施例で提案する通信デバイスの実装形態を示す。なお、以下で、実装形態を説明するために「 $n$ 接点 $m$ 面」という言葉を用いる。これは、通信素子 200 の表面または裏面における接点の最大値が  $n$  であり、通信素子 200 が電気的接点をもっている面の数が  $m$  であることを意味する。通信素子 200 が基板装置 14 の片面に接触する場合、接触面の数  $m$  は 1 であり、基板装置 14 の内部に埋設される場合、通信素子 200 の表面および裏面が基板装置 14 内部の層に接触するため、接触面の数  $m$  は 2 となる。したがって、通信素子 200 が表面および裏面の両面で基板装置 14 に接触し、表面のコンタクト数が 2、裏面のコンタクト数が 1 の場合、これを「2 接点 2 面」式の実装とよぶ。また、「電源信号独立形式」は接地線、電源線、信号線の導電路がそれぞれ独立であることを意味し、「電源信号非独立形式」は信号線から電源の供給も受ける方式を意味する。図 40～図 42 においては、基板装置 14 が、第 1 信号伝達層 20、第 2 信号伝達層 30、絶縁層 25、高抵抗層 42、電源層 44 の任意の順番による積層構造として構成されている。

#### 【0164】

図 40 は、電源信号非独立形式の通信デバイスであって、隣接する通信素子に信号を伝達する構造を示す。図 40 (a) は、1 接点 2 面式の実装形態の一例を示し、図 40 (b) は、1 接点 2 面式の実装形態の別の例を示し、図 40 (c) は、2 接点 1 面式の実装形態の一例を示す。この実装形態は、サイトを形成しない基板装置 14 の通信に用いられ、またはサイト内の通信に用いられる。

#### 【0165】

図 41 は、電源信号非独立形式の通信デバイスであって、サイト間で信号を伝達する構造を示す。図 41 (a) は、2 接点 2 面式の実装形態の一例を示し、図 41 (b) は、2 接点 2 面式の実装形態の別の例を示し、図 41 (c) は、3 接点 1 面式の実装形態の一例を示す。

#### 【0166】

図 42 は、電源信号独立形式の通信デバイスであって、サイト間で信号を伝達する構造を示す。図 42 (a) は、2 接点 2 面式の実装形態の一例を示し、図 42 (b) は、2 接点 2 面式の実装形態の別の例を示し、図 42 (c) は、3 接点 2 面式の実装形態の一例を示し、図 42 (d) は、4 接点 1 面式の実装形態の一例を示す。

#### 【0167】

図 40～図 42 に示すように、実施例では通信デバイスの実装形態として様々なものを提案するが、実装の容易性を考えると、基板装置 14 の内部に埋め込むのではなく、外部から基板装置 14 の各層に接続できることが好ましい。例えば、図 40 (c)、図 41 (b)、図 41 (c)、図 42 (d) に示す 1 面式の実装形態のように、全ての接続端子が基板装置 14 の表面に出ているれば、その表面上に通信素子 200 を載置することで接触を確保することができる。このうち、図 40 (c)、図 41 (c)、図 42 (d) に示す基板装置 14 は、第 1 信号伝達層 20 と、第 2 信号伝達層 30 または電源層 44 の少なくとも一層から、基板表面まで延びる導電路を備えている。これらの層から延びる導電路の表出部は、1 つの通信素子 200 が接続するために一組のセットとして存在する。具体的には、これらの層から延びる導電路の表出部は、通信素子 200 との接触部として機能するが、通信素子 200 を載置して固定するだけで電気的接触を実現できるように、通信素子 200 の電極の配置に合わせて、各表出部が位置づけられる必要がある。通信素子 200 を載置したときに、通信素子 200 の複数の電極に接触する複数の表出部を、表出部の組と呼ぶ。したがって、全ての組において、表出部同士の間隔は、通信素子 200 の電極の配置に合わせて等しく設定されることが好ましい。これにより、通信素子 200 を、どの

表出部の組にも載置することが可能となる。また、各組は、基板装置 14 の表面において所定の間隔で配置されることが好ましい。この間隔は、通信素子 200 の有効通信距離をもとに定められる。

#### 【0168】

図 43 は、3 接点 1 面式の通信デバイスにおける基板装置を作成する方法を説明するための図である。説明のため、図 41 (c) に示した 3 接点 1 面式の通信デバイスの構造とは異なり、それぞれ別の深さに位置する層、すなわち 3 層から導電路を表面に導き、基板表面に複数の表出部を生成することとする。

#### 【0169】

まず、絶縁体である基板 250 を用意し、複数の貫通穴を形成する。3 接点 1 層式の基板装置を作製する場合、複数の貫通穴は、3 層からの導電路を形成するために設けられる。この 3 層をそれぞれ表面から近い順に第 1 層、第 2 層、第 3 層とすると、複数の貫通穴は、第 1 層用、第 2 層用、第 3 層用の導電路を形成するためのものに分けられる。続いて、貫通する絶縁性の管状部材を、柔軟な絶縁体をモールド成型することにより、第 2 層用の貫通穴および第 3 層用の貫通穴の上方に形成する。第 2 層用の管状部材は第 2 層用の貫通穴と同軸に形成され、また第 3 層用の管状部材は第 3 層用の貫通穴と同軸に形成されることが好ましい。第 3 層用の管状部材は、第 2 層用の管状部材よりも長く形成する。図 43 (a) は、基板 250 上に複数の貫通穴および管状部材を形成した状態を示す。

#### 【0170】

ここで、貫通穴 252 は第 1 層用の導電路を形成するために用いられ、管状部材 254 は、第 2 層用の導電路を形成するために用いられ、また管状部材 256 は、第 3 層用の導電路を形成するために用いられる。なお図示の例では、底面が、最終的に通信素子 200 を載置するための接触面となる。

#### 【0171】

続いて、基板 250 上に、管状部材 254 の高さよりも低い位置まで、導電性材料である導電ゴムを流し込み、固化させる。なお、それぞれの管状部材の高さや、流し込む導電ゴムの量は、通信素子 200 で実現しようとする通信距離に応じて定められる。図示の例では、管状部材 254 の高さの半分程度の位置まで、導電ゴムが流し込まれている。これにより、貫通穴 252 は導電ゴムで充填され、基板 250 の底面には、第 1 層の導電路の端面となる導電ゴムが表出することになる。図 43 (b) は、このようにして形成された第 1 層 260 を示す。

#### 【0172】

続いて、第 1 層 260 の上に、管状部材 254 を超えない位置まで絶縁材料を流し込む。図 43 (c) は、このようにして形成された絶縁層 262 を示す。管状部材 254 の口は開いた状態にある。導電ゴムおよび絶縁材料の流し込みをもう一度行い、絶縁層 262 上に第 2 層 264 および絶縁層 266 を形成する。導電ゴムを流し込むことで、第 2 層 264 が形成されるとともに、管状部材 254 の貫通穴が導電性材料で充填される。図 43 (d) は、基板 250 上に絶縁層 266 までを積層した状態を示す。管状部材 254 が第 2 層の導電ゴムで充填されているため、基板 250 の底面には、第 2 層の導電路の端面となる導電ゴムが表出することになる。最後に、絶縁層 266 上に導電ゴムを流し、第 3 層 268 を形成するとともに、管状部材 256 を導電ゴムで充填する。以上により、3 接点 1 層式の基板装置 14 を作製することができる。

#### 【0173】

なお、上記製造プロセスの例では、第 1 層、第 2 層、第 3 層の間に絶縁層を形成することとしているが、他に高抵抗層や誘電層などの層を形成してもよい。絶縁層、高抵抗層または誘電層のいずれを形成するかは、実施例で説明したどの種類の通信デバイス 300 を作製するかによるものであり、適宜選択することができる。また、導電性材料として導電ゴムを使用しているが、これは基板装置 14 に柔軟性をもたせるためであり、他の導電性材料を使用できることは言うまでもない。

#### 【0174】

以上、実施例をもとに本発明を説明した。なお本発明はこの実施例に限定されることなく、そのさまざまな変形例もまた、本発明の態様として有効である。

【0175】

本発明によると、上記の実施例で説明したように、2次元的な導電層である信号伝達層を利用して通信を行うことができるが、別の実施例では、信号伝達層が、メッシュや導電性繊維として構成されてもよい。例えば信号伝達層が、いわゆる「練り物」として形成される場合であっても、抵抗成分などの2次元的な特性は、ある程度の不均一性であれば、不均一であっても許容することができる。導電性繊維を用いることで、導電層を薄く且つ柔軟に構成することが可能となり、通信装置100の用途を拡大することができる。また、信号伝達層は2次元的に構成されるだけでなく、1次元的に帯状の形態をとってもよい。

【0176】

図44は、通信装置100の構造の変形例を示す。この通信装置100においては、1次元的に構成された第1信号伝達層20が、網の目状に張り巡らされている。この例では、第1信号伝達層20は格子状に形成され、その交点に通信素子200が配置されている。第1信号伝達層20は、通信素子200同士を接続し、いわゆる配線的な機能を担うことになる。

【0177】

従来の基板作成技術は、まず配置すべき素子や機器の位置関係を想定し、想定した位置同士を配線するという工程で行われている。すなわち、まず、素子および機器の配置ありきで、物理的な配線がそれらを結合させるというのが、従来の基板設計思想の前提となる。

【0178】

一方で、本発明の基板作成技術は、基板装置14のどこに外部素子や外部機器を接続しても通信が可能となるような基板装置を予め作っておくという設計思想が根底にある。通信装置100内、すなわち基板装置14内では、これまで説明してきたように、通信素子200による局所的な通信で信号が順次伝達されていく。複数の通信素子200のうち少なくとも一部が外部素子や外部機器との間のインタフェース機能を備え、その通信素子200に対して外部素子や外部機器を接続させることで、通信装置100と外部との通信を実現できる。例えば、多くの場合は1対となる2つの外部機器同士を任意の2つの通信素子200に接続し、これらの間の信号の中継を、これらの間に存在する複数の通信素子200が担うことで、通信装置100が中継装置として機能することとなる。外部機器は、インタフェース機能を備えた通信素子200であれば、任意のものと接続させればよい。また、 $(N+1)$ 個の外部機器を任意の通信素子200に接続させ、1対Nの通信の中継を通信装置100が担うことも可能である。さらに、通信装置100は、1セットだけでなく、複数セットの通信の中継を行うことができ、したがって、通信装置100を利用するユーザは、単に外部機器のコネクタを通信素子200と接続させるだけで、通信装置100が、所期の接続を確立して、通信を行うことができる。なお、複数セットの通信の中継する場合には、それぞれの通信セットであることを特定する情報を送信パケットに含めることで、各通信素子200が、適切に信号を伝送することが可能となる。通信装置100は、中継だけでなく、通信装置100と外部機器との間の通信を行えることは言うまでもない。例えば、通信装置100がロボットの皮膚として使用される場合に、触覚センサ機能を有する通信素子200からのセンサ情報をロボットの頭脳CPUなどに送信する場合がある。なお、外部機器との間の通信は、片方向であってもよく、また双方向であってもよい。単純にセンサ情報を外部機器に送信するような場合には、片方向の通信を実現できればよいが、外部機器との間で情報のやりとりを行う場合には、所定の通信プロトコルを用いて双方向通信を実現できることが好ましい。双方向通信は、各通信素子200が信号の送信機能および受信機能をもつため、通信装置100において容易に実現することが可能である。

【0179】

このように、本発明により提供する技術は、従来の基板作成技術とは全く異なる視点から生み出されたものであり、設計思想が基本的に異なっている。図44に示す通信装置100についていうと、予め第1信号伝達層20を網の目状に形成した基板装置を作成しておき、基板装置の開口部に通信素子200を挿入することで、通信機能をもつことが可能となり、さらに外部機器を接続することで、外部機器との通信も可能となるのである。なお、通信素子200の実装形態については、差込タイプであってもよく、また予め埋設されるタイプであってもよく、さらに図40～図42で説明したような一面式、すなわち基板装置14の表面に接触させるタイプであってもよい。いずれにしても、基板装置14は、配線と通信素子200との電氣的接続を行わせる構造を有する。

#### 【0180】

なお、この変形例では、配線を利用しているが、外部機器との中継を行う機能については、既述した2次元的な第1信号伝達層20を備えた通信装置100についても同様である。また、この変形例で説明する配線を備えた通信装置100においては、配線の一部が切断された場合であっても、もともと網の目状に配線を張り巡らしているため、目標位置までの別の経路を設定することが可能であり、断線による通信障害が生じる可能性は低減される。以下では、図44に示す第1信号伝達層20を、これまでの実施例で述べた2次元的な第1信号伝達層20との構造上の差異を明確にするために、「配線20」と呼んで表現する。

#### 【0181】

図44に示す通信装置100においては、通信素子200を網の目状に設けられた配線20に接続させること以外に、他の構造については上記実施例で説明した通信装置100と同様である。すなわち、通信原理についても、上述した実施例で説明した通信原理の任意のいずれかを利用することができる。配線20は格子状に形成されており、通信素子200は、格子状配線の交点に配置される。なお、配線20の形態は、他の形態であってもよく、いずれにしても規則的に構成されており、また通信素子200についても、上述の実施例で説明した2次元の導電層の場合と同様に、規則的に配置されていることが好ましい。これにより、製造工程が容易となる。既述のごとく、通信素子200は外部機器とのインタフェース機能を備えて構成される。

#### 【0182】

図44に示す通信装置100は、まず、信号を伝達するための配線12を網の目状に形成した層を少なくとも1層含んだ積層構造をもつ基板装置を形成し、その配線に電氣的に接続するように、基板装置14に複数の通信素子200を配置することで製造される。基板装置14を例えば単一のシリコンウェハ上に形成してもよい。

#### 【0183】

通信装置100の変形例として、導電層あるいは網の目状に形成された配線に対して予め通信素子を配置した基板装置14において、導電層の一部の領域あるいは網の目状に形成された配線の一部にインタフェース部が構成されており、インタフェース部に対して外部機器を電氣的に接続することで、当該外部機器との間で片方向または双方向の通信を行うことができてもよい。すなわち、上記した例では、通信素子200にインタフェース機能をもたせて、その通信素子200に対して外部機器を電氣的に接続させる通信装置100について説明したが、導電層あるいは配線にインターフェース部、すなわちコネクタを設けて、そのコネクタに外部機器を電氣的に接続させることも可能である。その場合における作用および効果については、既述したとおりである。

#### 【0184】

図45は、基板装置14およびコネクタ222の接続方法の変形例を説明するための図である。この変形例では、基板装置14において、導電層の材料の硬さと、絶縁層または高抵抗層の材料の硬さとを異なるようにし、コネクタ222を、導電層と、絶縁層または高抵抗層の厚さに合わせて、段をつけて形成する。これにより、コネクタ222を基板装置14に差し込んだときに、導電層と、コネクタに設けた電極とを適切な位置にとめることが可能となり、電氣的接触を確保することができる。なお、導電層は、既述した実施例



における第1信号伝達層20、第2信号伝達層30、あるいは電源層44に対応する。

【0185】

図45(a)は、基板装置14の各層の硬さを調整した構造の一例を示す。ここでは、導電層302を硬い材料で形成し、絶縁層301を柔らかい材料で形成する。なお、絶縁層301は、高抵抗層も含む概念である。この基板装置14に対して、コネクタ222を上方から差し込む。コネクタ222の先端は、基板装置14に挿入しやすいように、尖っていることが好ましい。コネクタ222の側面は、積層構造における各層の厚さに合わせた長さの凹凸を設けて構成される。すなわち、コネクタ222の側面に形成される凹凸の軸方向の長さは、コネクタ222を基板装置14に押し込んだ最終位置において、積層構造の収まるべき各層の厚さと等しくなるように設けられる。なお、柔らかい層におさまる部分が太く、硬い層におさまる部分が細くなるように凹凸が形成され、したがって、この場合は、導電層302におさまる部分が細く、絶縁層301におさまる部分が太くされる。なお、この凹凸については、挿入方向の抵抗を少なくするように、凸部分の挿入面がテーパ状に形成されることが好ましい。細い部分、すなわち導電層302におさまる部分には電極224が形成される。これにより、コネクタ222を押し込んだときに、太い部分は柔らかい層でとまりやすくなり、コネクタ222を基板装置14に好適に装着することが可能となる。例えば、コネクタ222の周囲をドリル状に形成して、ユーザは、コネクタ222を回転させながら基板装置14に挿入させてもよい。

【0186】

図45(b)は、基板装置14の各層の硬さを調整した構造の一例を示す。ここでは、導電層302を柔らかい材料で形成し、絶縁層301を硬い材料で形成する。コネクタ222の側面は、導電層302におさまる部分が太く、絶縁層301におさまる部分が細くされる。太い部分、すなわち導電層302におさまる部分には電極224が形成される。

【0187】

このように、導電層302と絶縁層(高抵抗層)301とが、交互に複数段積層された構造をもつ基板装置14において、導電層の材料の硬さと、絶縁層または高抵抗層の材料の硬さとを異なるようにして、硬い層と柔らかい層とを交互に積層させることで、差し込まれるコネクタ222の電極224と導電層301との接続を容易にとることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0188】

【図1】実施例に係る通信技術の方式を説明するための図である。

【図2】実施例にかかる通信装置の外観構成を示す図である。

【図3】通信素子の機能ブロック図である。

【図4】通信装置の断面を示し、局所的通信を実現する通信デバイスの構造の一例を説明するための図である。

【図5】電荷蓄積型の通信デバイスが信号を発信する原理を説明するための図である。

【図6】通信装置における通信原理を説明するための図である。

【図7】電荷蓄積型の通信デバイスにおける電圧と通信距離の関係を示す図である。

【図8】通信装置の断面を示し、局所的な通信を実現する通信デバイスの構造の別の例について説明するための図である。

【図9】5層構造の通信装置の構成図である。

【図10】電流拡散型の通信デバイスが信号を発信する原理を説明するための図である。

【図11】(a)は通信装置の断面図であり、(b)は通信装置の別の例を示す断面図である。

【図12】(a)は通信デバイスが信号を発信する基本原理を説明するための図であり、(b)は通信デバイスが信号を発信する原理の別の例を説明するための図である。



【図13】通信素子を備えた通信デバイスを示す図である。

【図14】(a)は通信デバイスを実現する回路動作の概要を示す図であり、(b)は第1信号伝達層に印加する交流電圧の振幅を制限する回路の例を示す図である。

【図15】(a)は通信装置における第1信号伝達層の抵抗分布を示す図であり、(b)は均一な抵抗で第1信号伝達層が形成されているときの電圧振幅分布を示す図であり、(c)は第1信号伝達層を抵抗分布をつけて形成したときの電圧振幅分布を示す図である。

【図16】第1信号伝達層および第2信号伝達層に厚み分布を設けた構造を示す図である。

【図17】通信装置の構成を示す図である。

【図18】(a)は通信装置の断面の一例を示す図であり、(b)は通信装置の断面の別の例を示す図である。

【図19】(a)は通信装置の構成の変形例を示す図であり、(b)は通信装置の構成のさらなる変形例を示す図であり、(c)は通信装置の構成のさらなる変形例を示す図である。

【図20】通信装置の模式図である。

【図21】(a)はRTSパケットのデータフォーマットを示す図であり、(b)はCTSパケットのデータフォーマットを示す図であり、(c)はDTパケットのデータフォーマットを示す図である。

【図22】通信装置における通信方式を説明するための説明図である。

【図23】(a)は信号層を流れる信号の波形フォーマットを示す図であり、(b)は1フレームの構成を示す図である。

【図24】通信素子のデジタル回路の実現例を示す図である。

【図25】通信素子のデジタル回路におけるプロセスの状態遷移図である。

【図26】基板装置の構造図である。

【図27】(a)は基板装置の開口部に通信素子を挿入した状態を示す図であり、(b)はコネクタの構造図である。

【図28】(a)はサイト深さが異なる場合を示す概念図であり、(b)は、深さの異なる複数の第1信号伝達層を有する基板装置の断面構造図である。

【図29】基板装置における第1信号伝達層の位置関係の一例を示す図である。

【図30】コネクタと基板装置の固定方法を説明するための図である。

【図31】コネクタの構造の変形例を示す図である。

【図32】コネクタにケーブルを取り付けた構造を示す図である。

【図33】コネクタを、別のコネクタとの電気接続に利用する例を示す図である。

【図34】開口部およびコネクタの変形例を示す図である。

【図35】コネクタの構造の変形例を示す図である。

【図36】開口部の構造の変形例を示す図である。

【図37】図13に示す通信デバイスをコネクタを用いて実現するための構造を示す図である。

【図38】電極の構造例を示す図である。

【図39】複数の接続ピンを備えた通信素子を示す図である。

【図40】通信デバイスの実装形態を示す図である。

【図41】通信デバイスの実装形態を示す図である。

【図42】通信デバイスの実装形態を示す図である。

【図43】3接点1層式の通信デバイスにおける基板装置を作成する方法を説明するための図である。

【図44】通信装置の構造の変形例を示す図である。

【図45】基板装置およびコネクタの接続方法の変形例を説明するための図である。

【符号の説明】

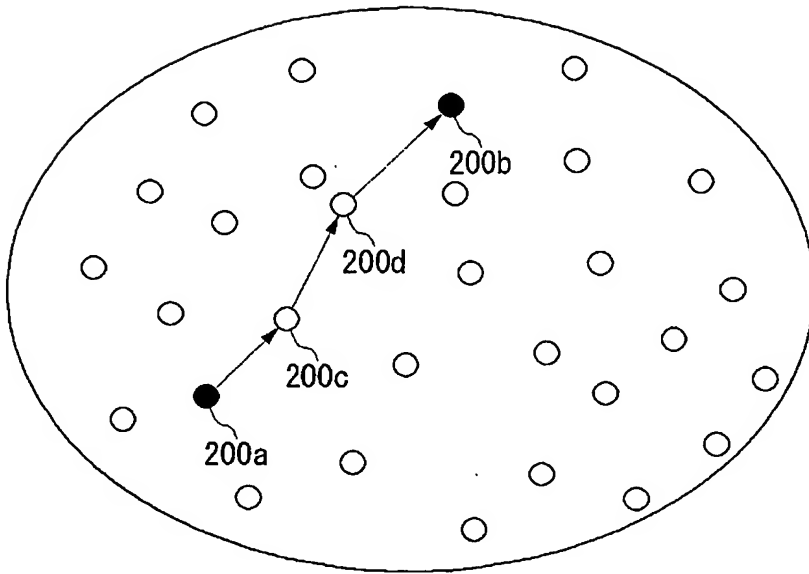
【0189】

特願 2003-323300

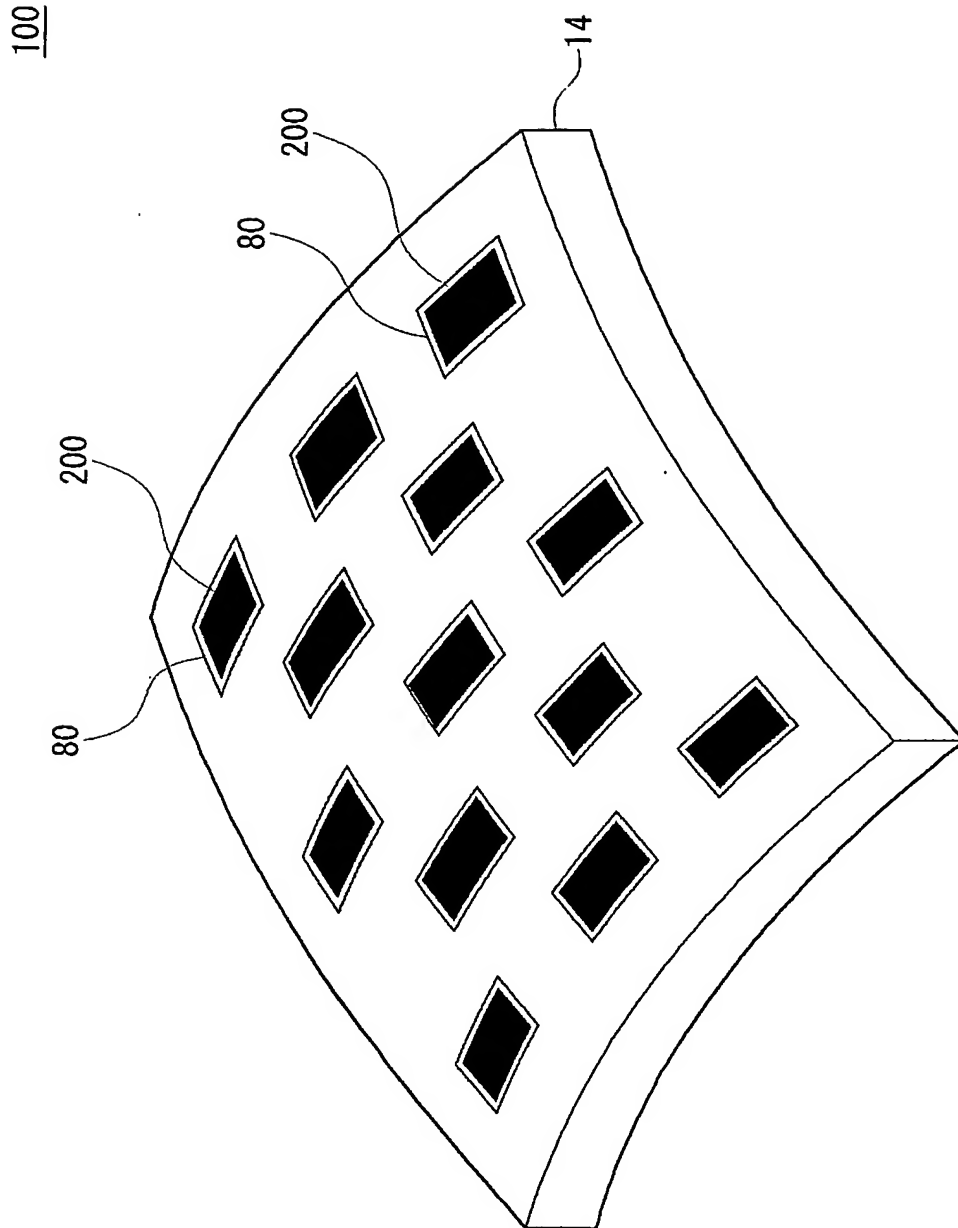
ページ: 37/E

14・・・基板装置、20・・・第1信号伝達層、30・・・第2信号伝達層、80・・・開口部、100・・・通信装置、200・・・通信素子、220・・・通信用LSI、222・・・コネクタ、224・・・電極、225・・・接続ピン、226・・・止め部材、228・・・接続部、230・・・補強部品、250・・・基板、252・・・貫通穴、254、256・・・管状部材。

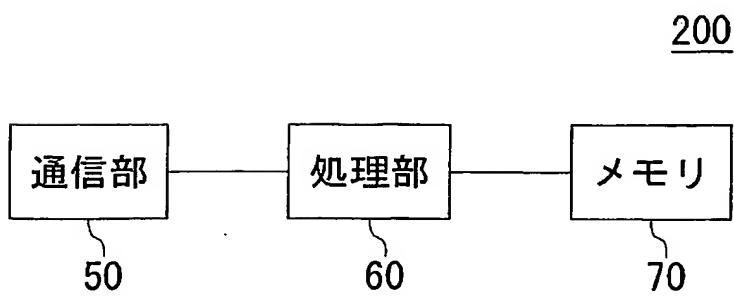
【書類名】図面  
【図1】



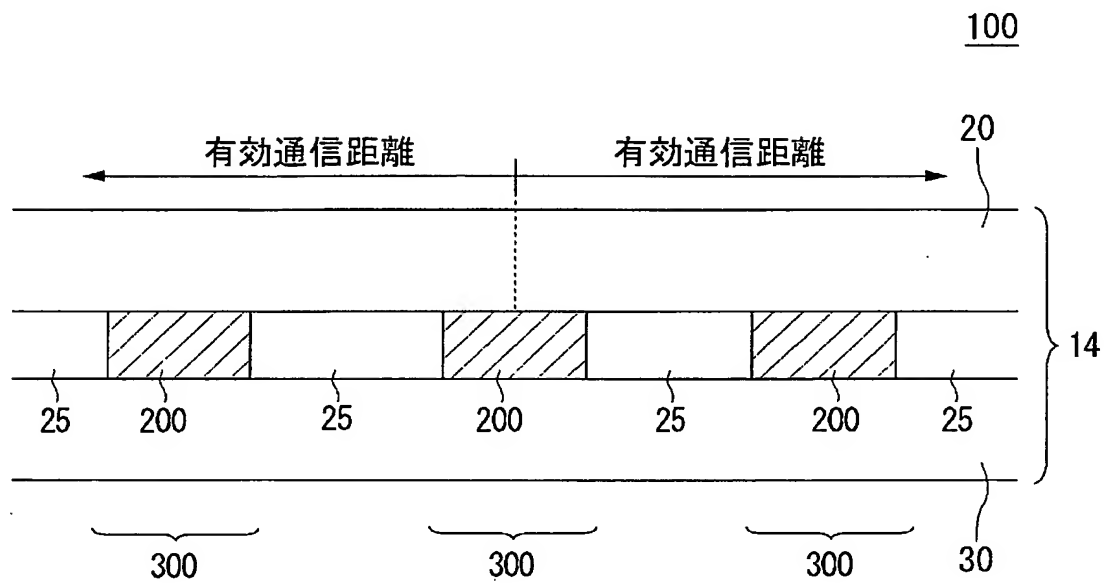
【図 2】



【図 3】



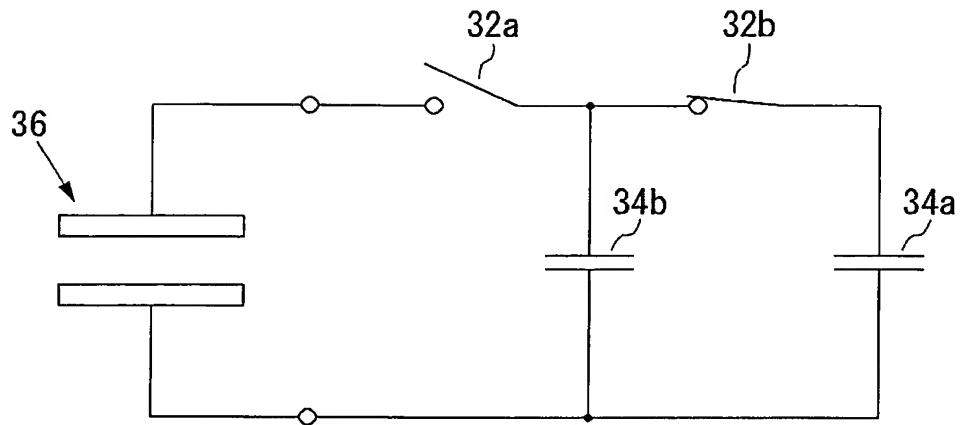
【図 4】



【図 5】

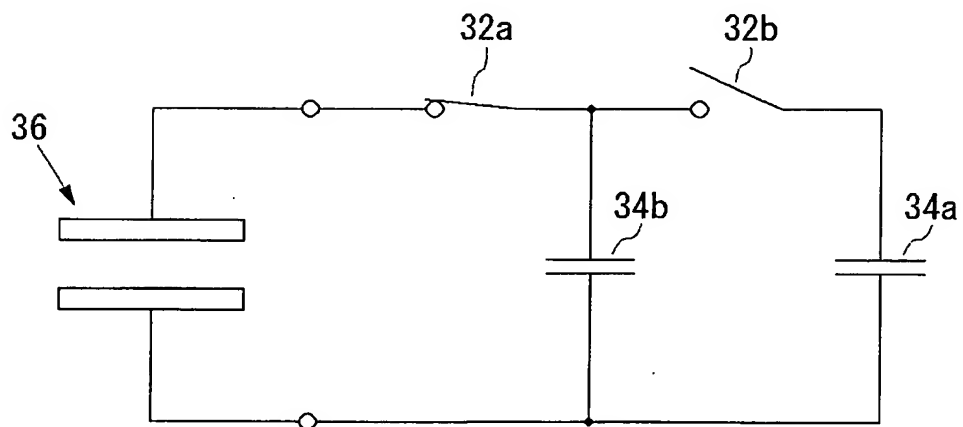
(a)

300

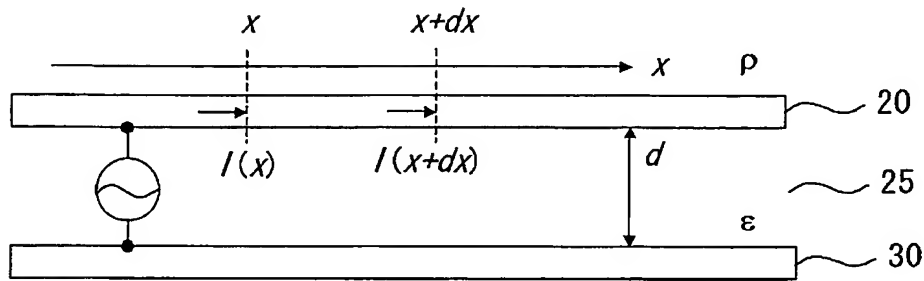


(b)

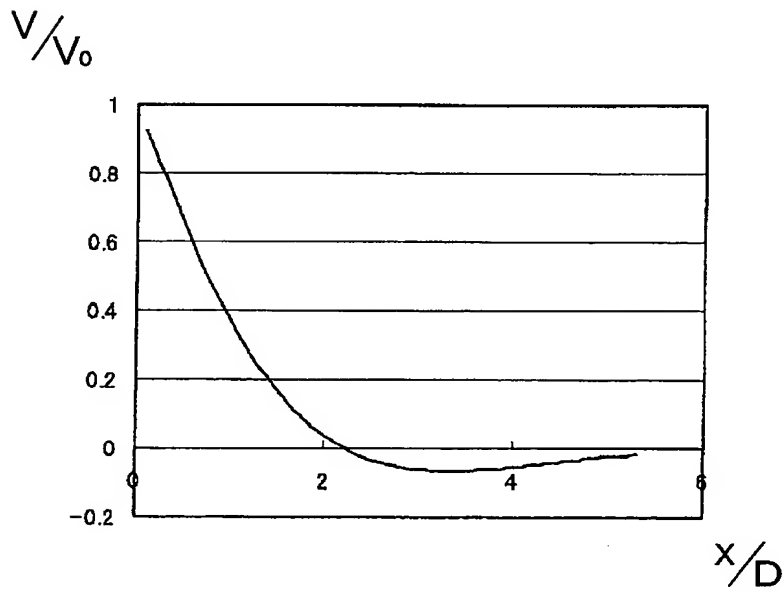
300



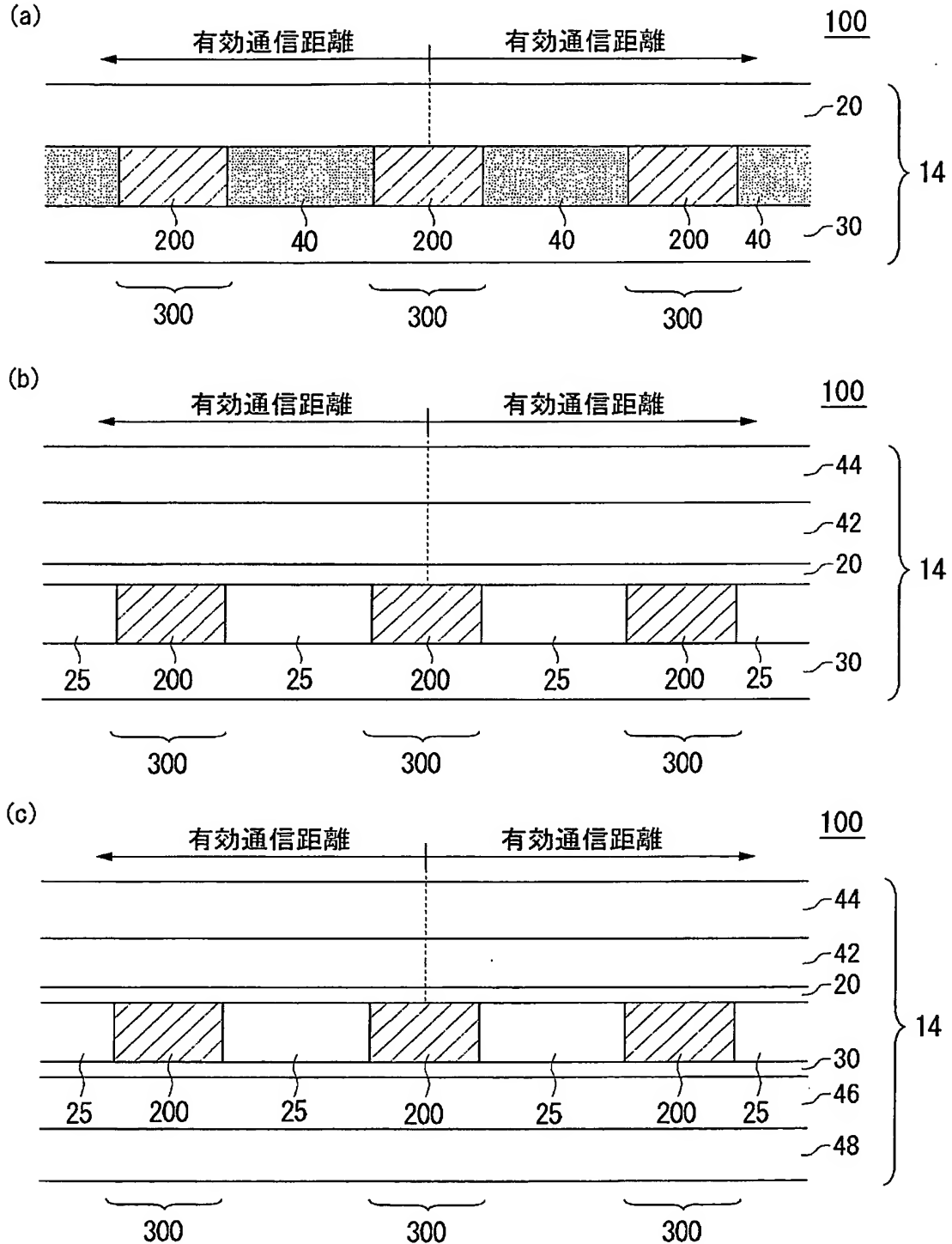
【図 6】



【図 7】

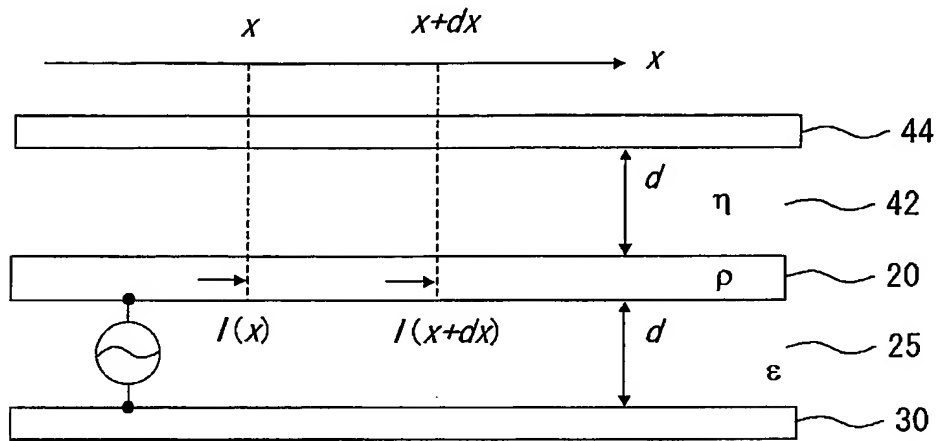


【図 8】



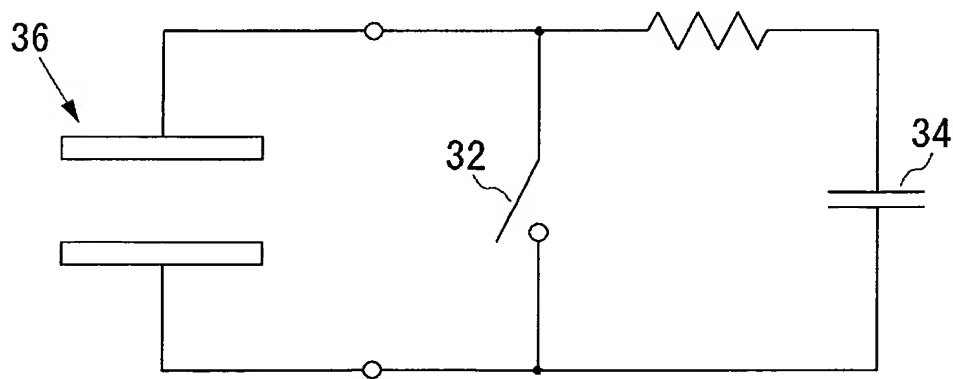


【図 9】



【図 10】

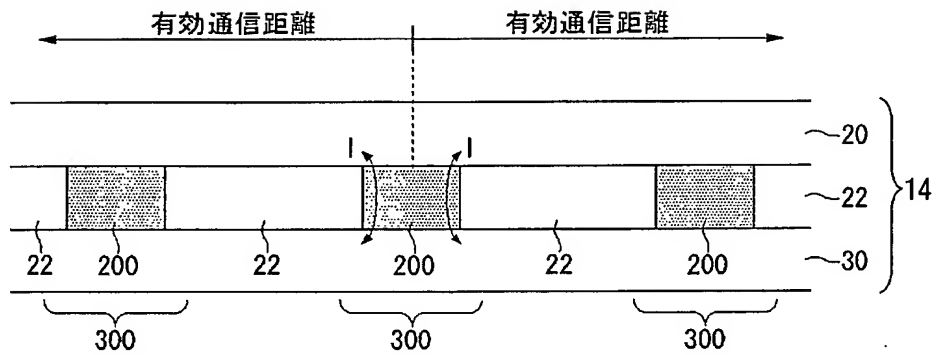
300



【図 11】

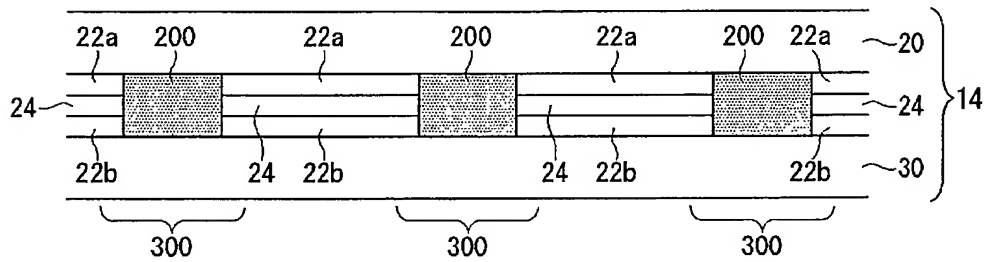
(a)

100



(b)

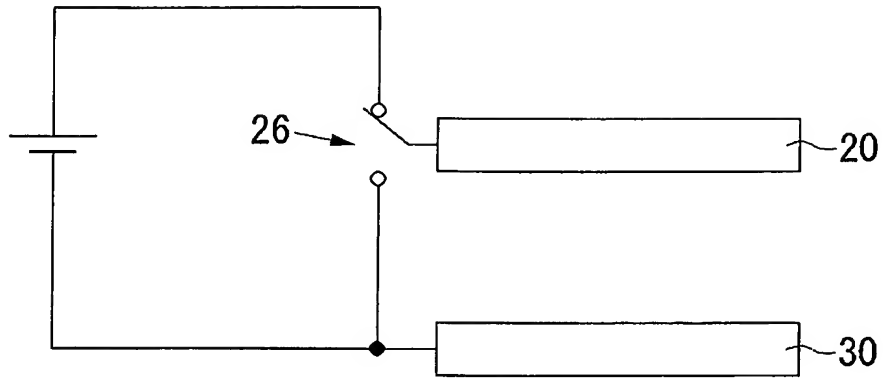
100



【図 12】

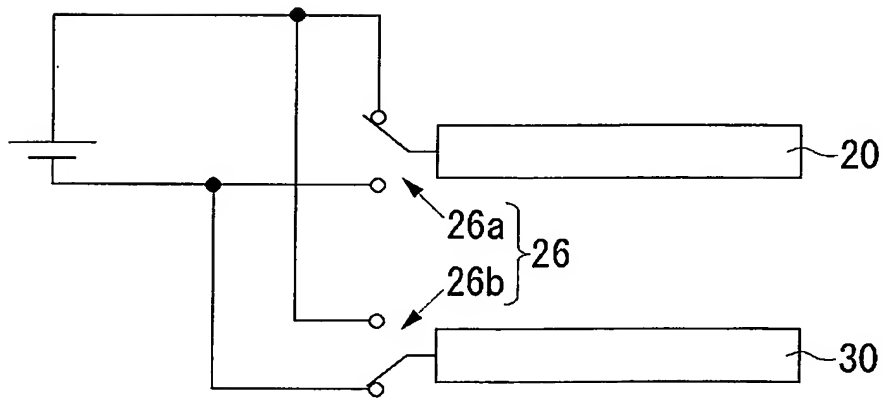
(a)

300



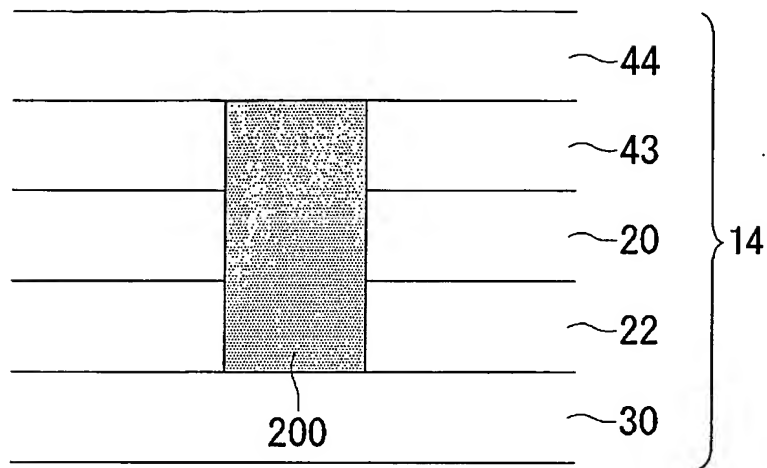
(b)

300



【図 13】

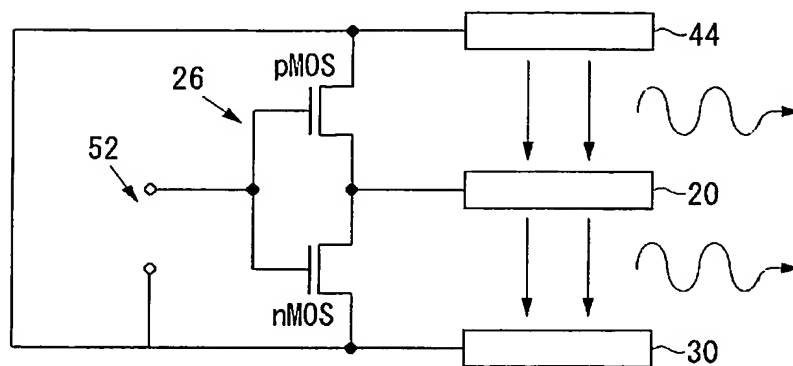
300



【図 14】

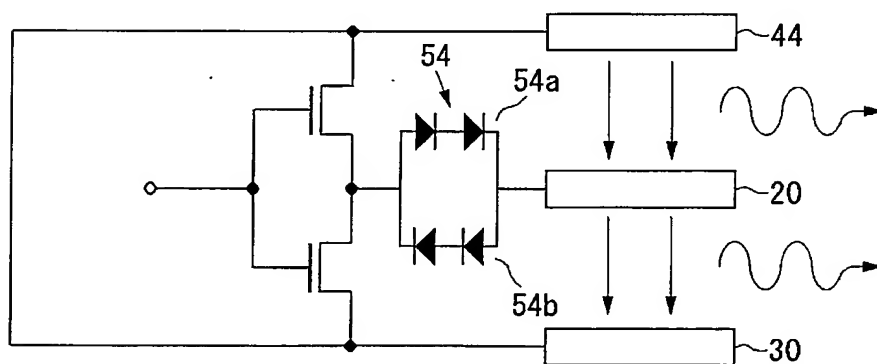
(a)

300



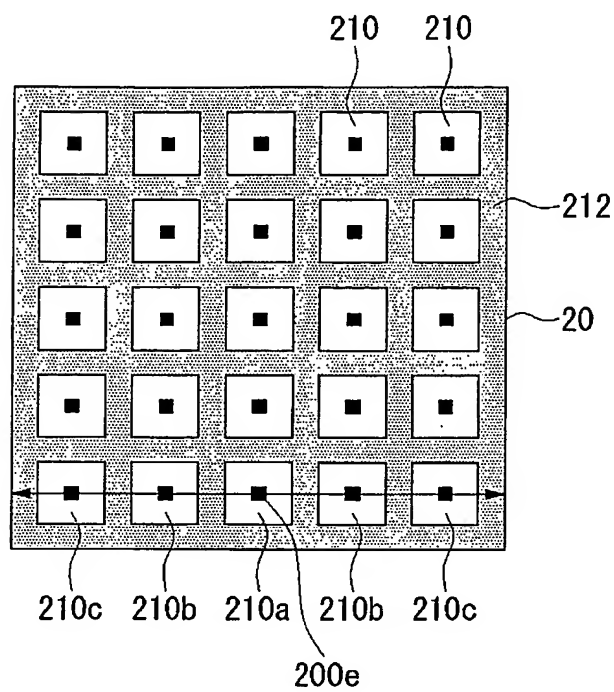
(b)

300

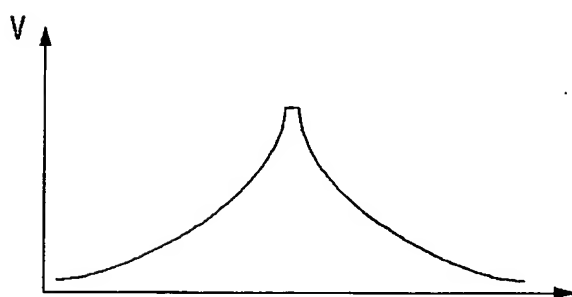


【図 15】

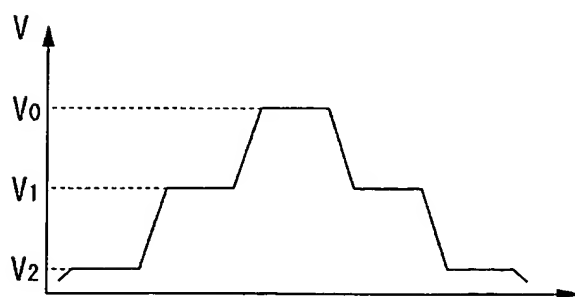
(a)



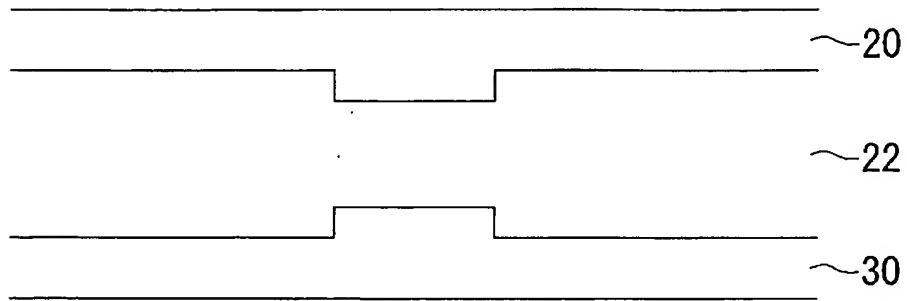
(b)



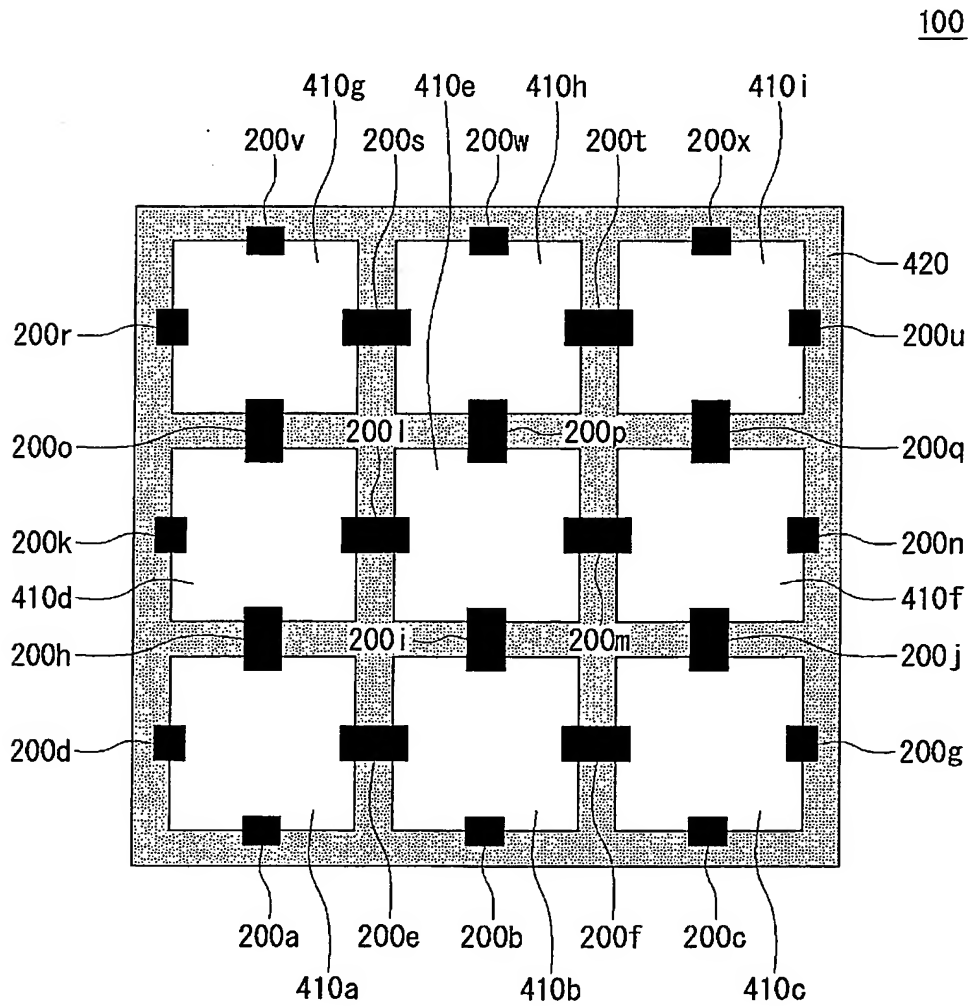
(c)



【図 16】

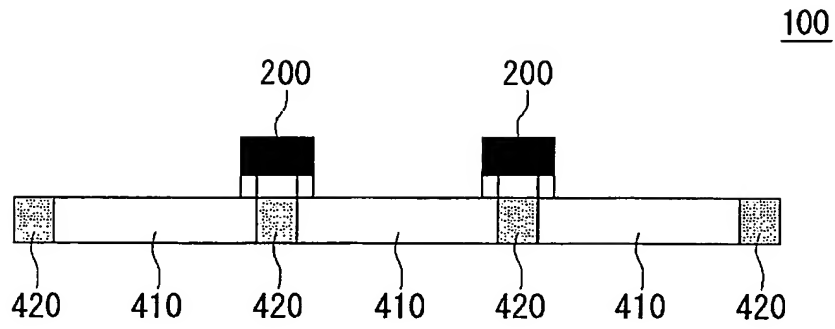


【図 17】

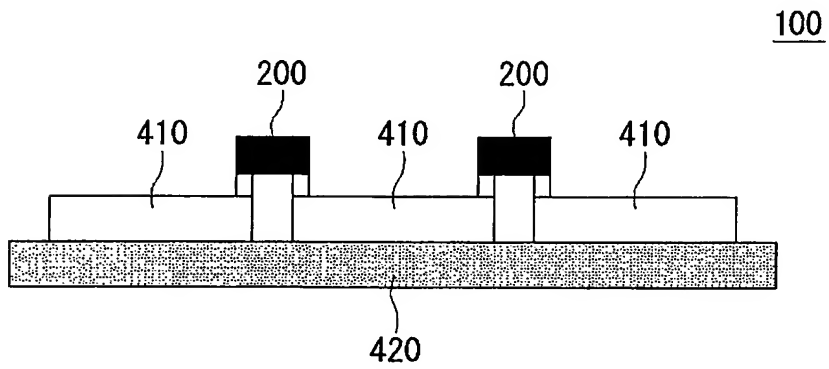


【図 18】

(a)

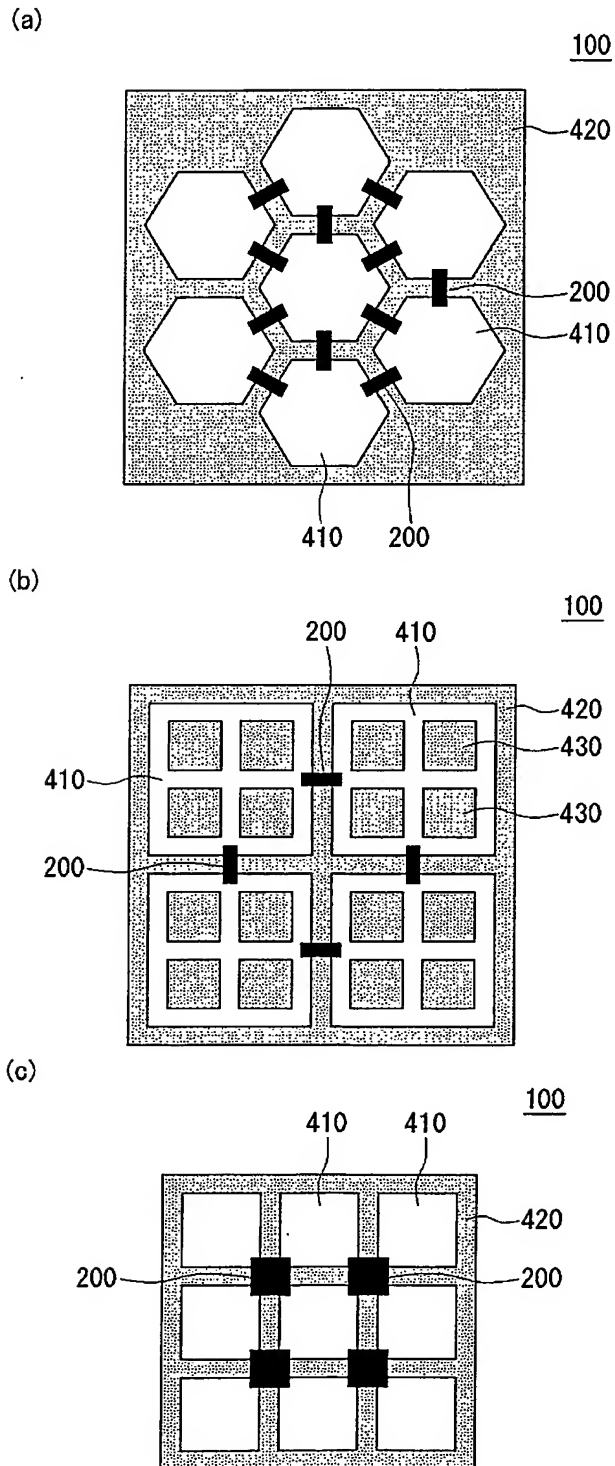


(b)



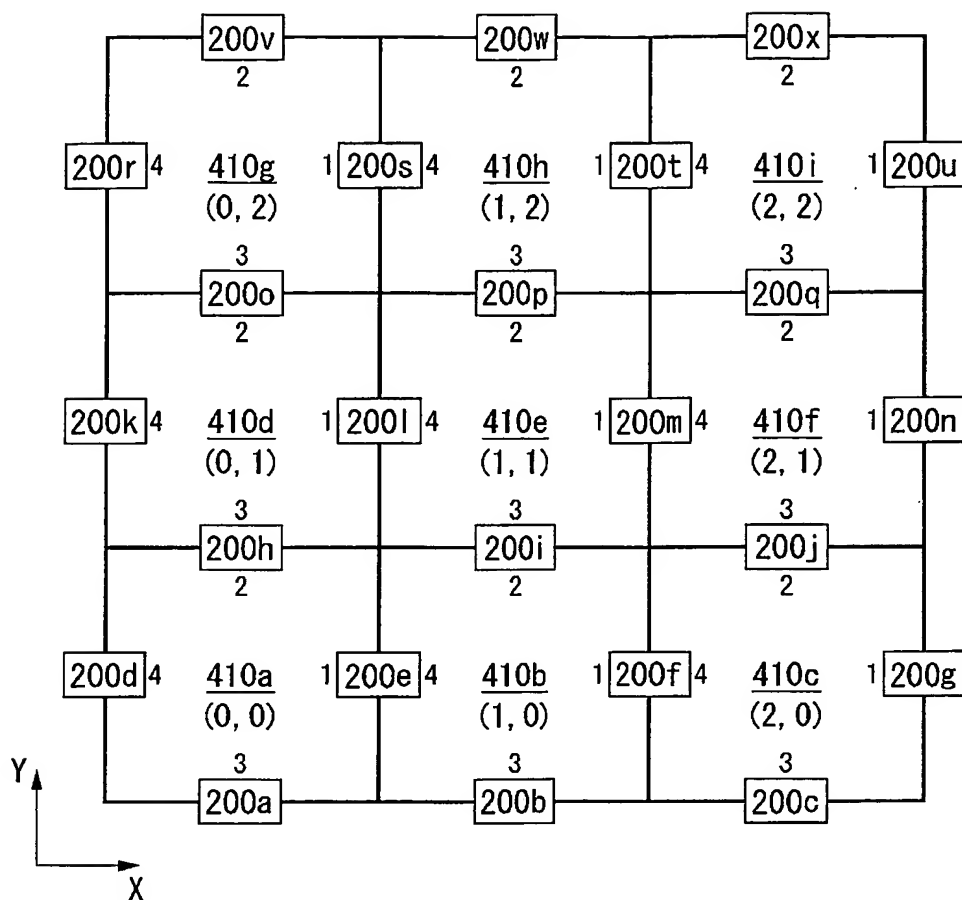


【図 19】

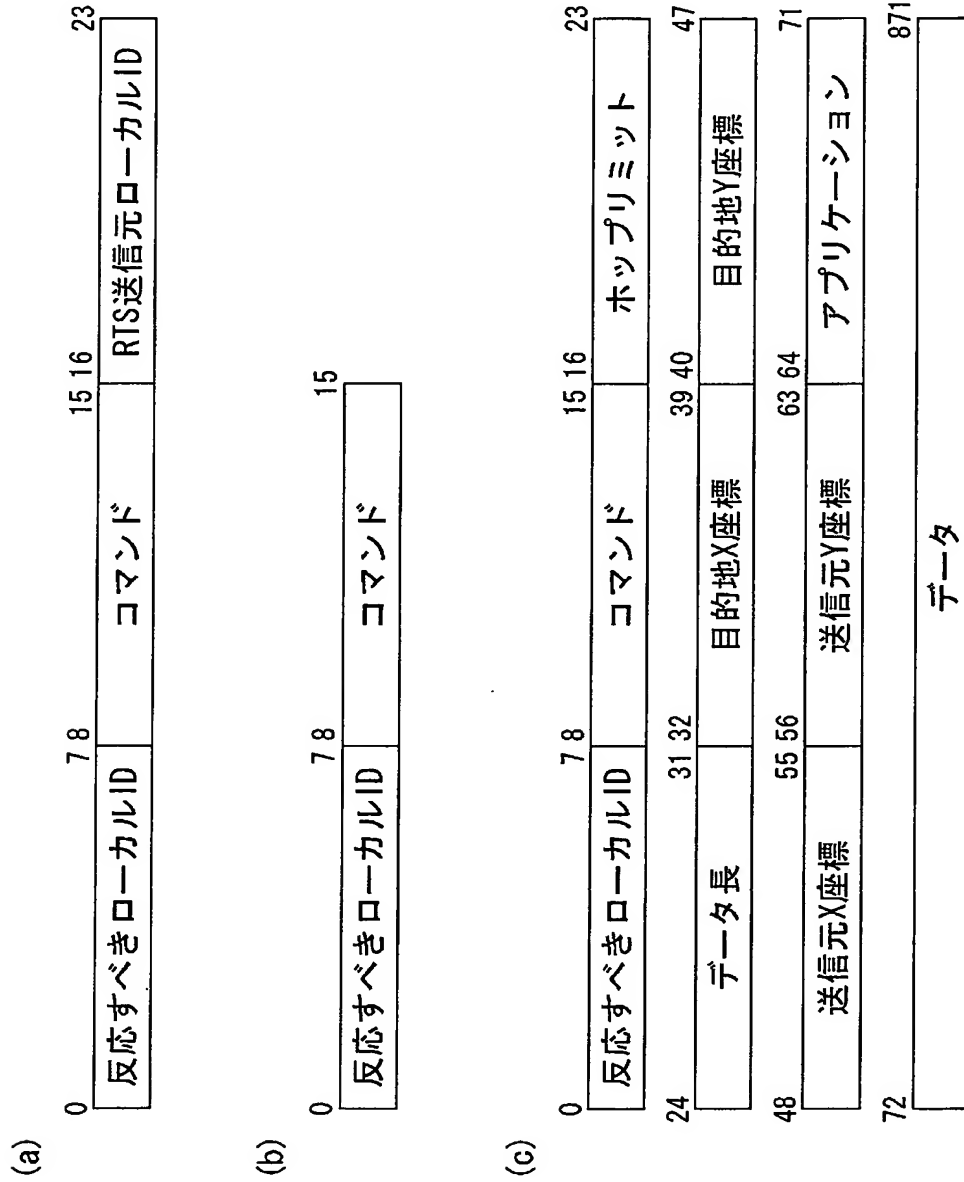


【図 20】

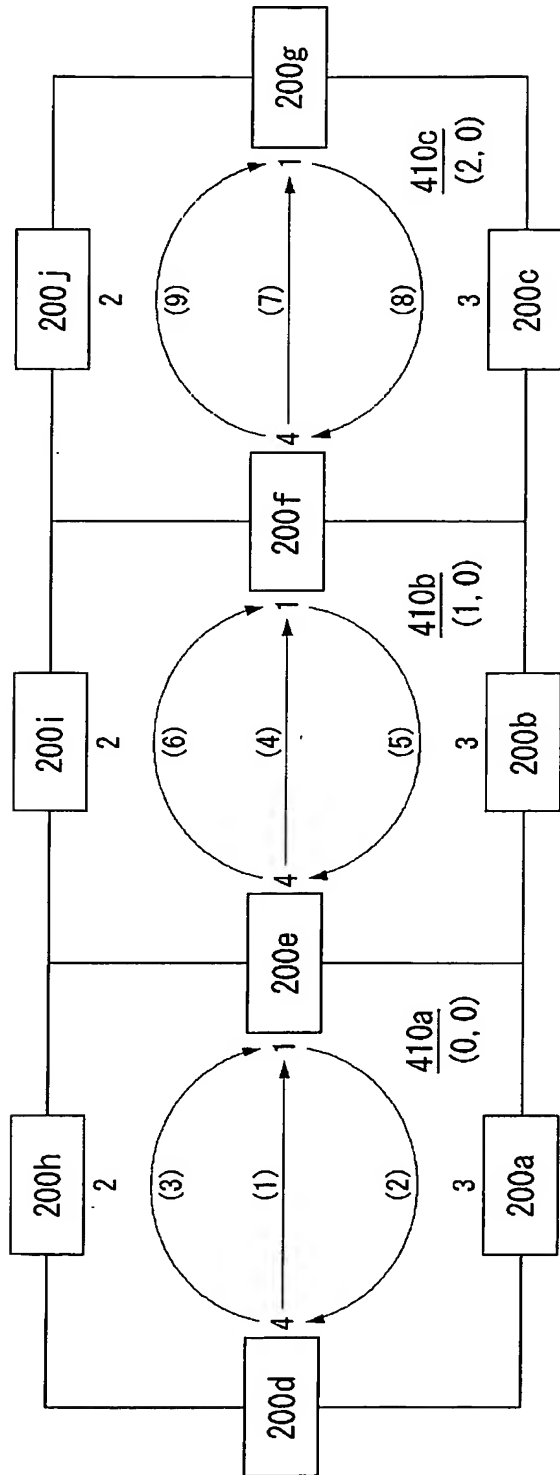
100



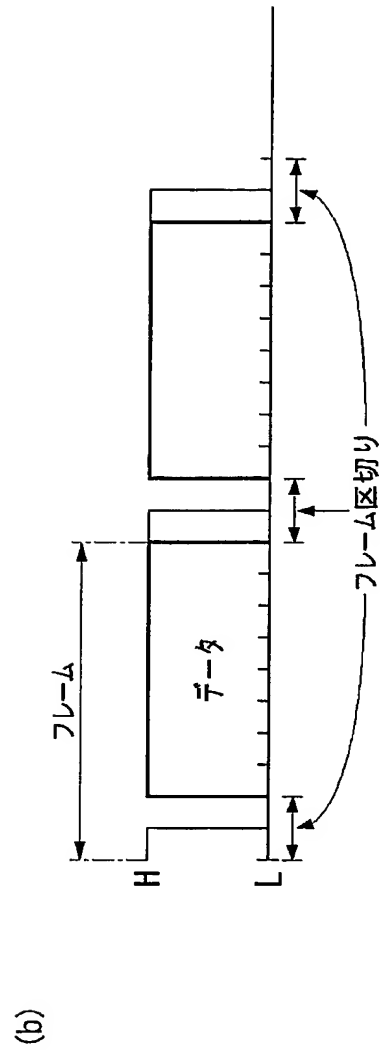
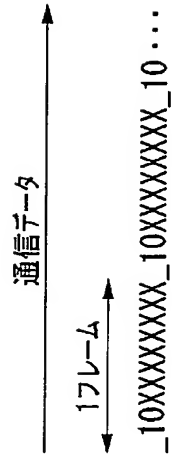
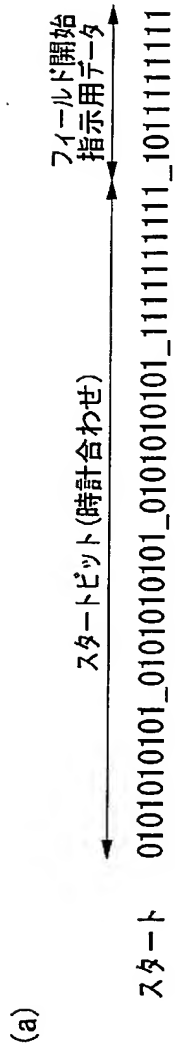
【図 21】



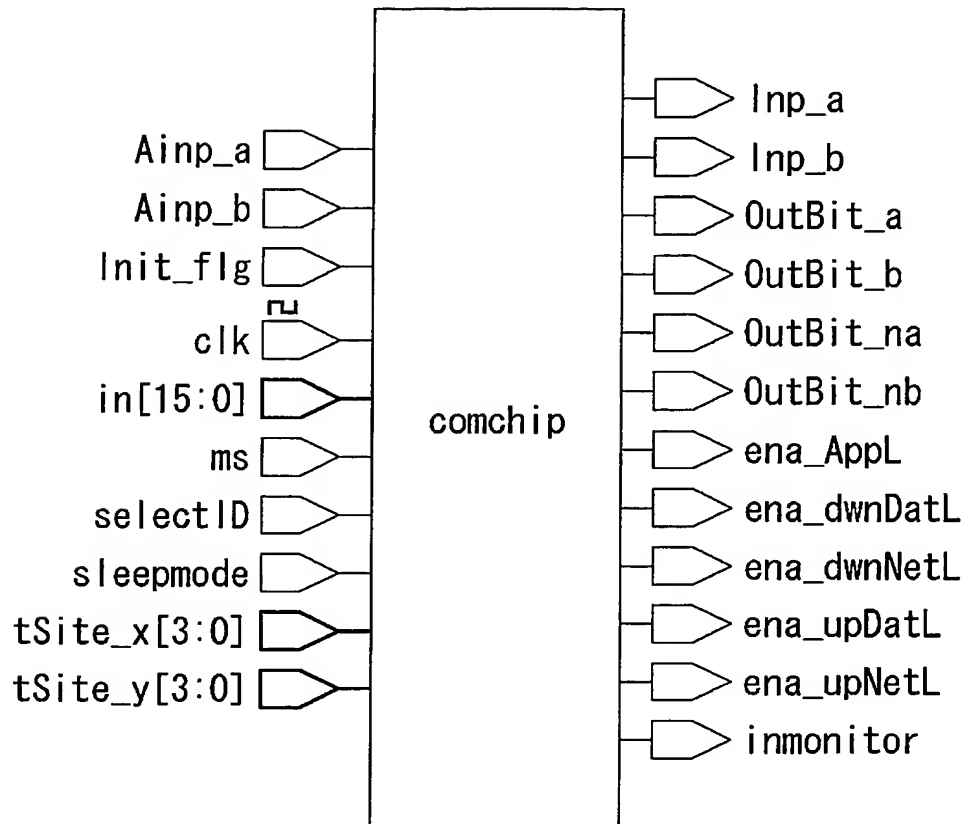
【図 22】



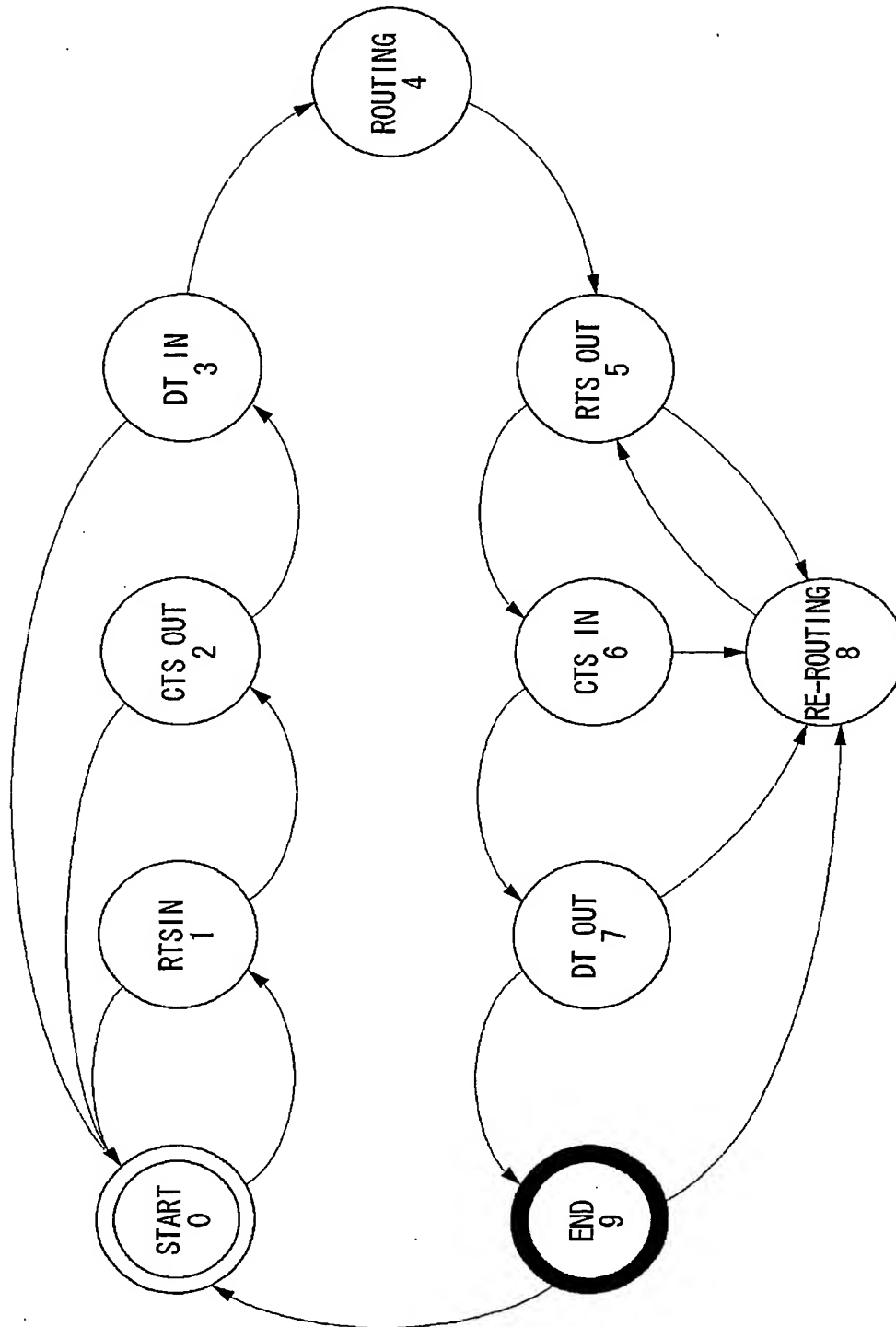
【図 23】



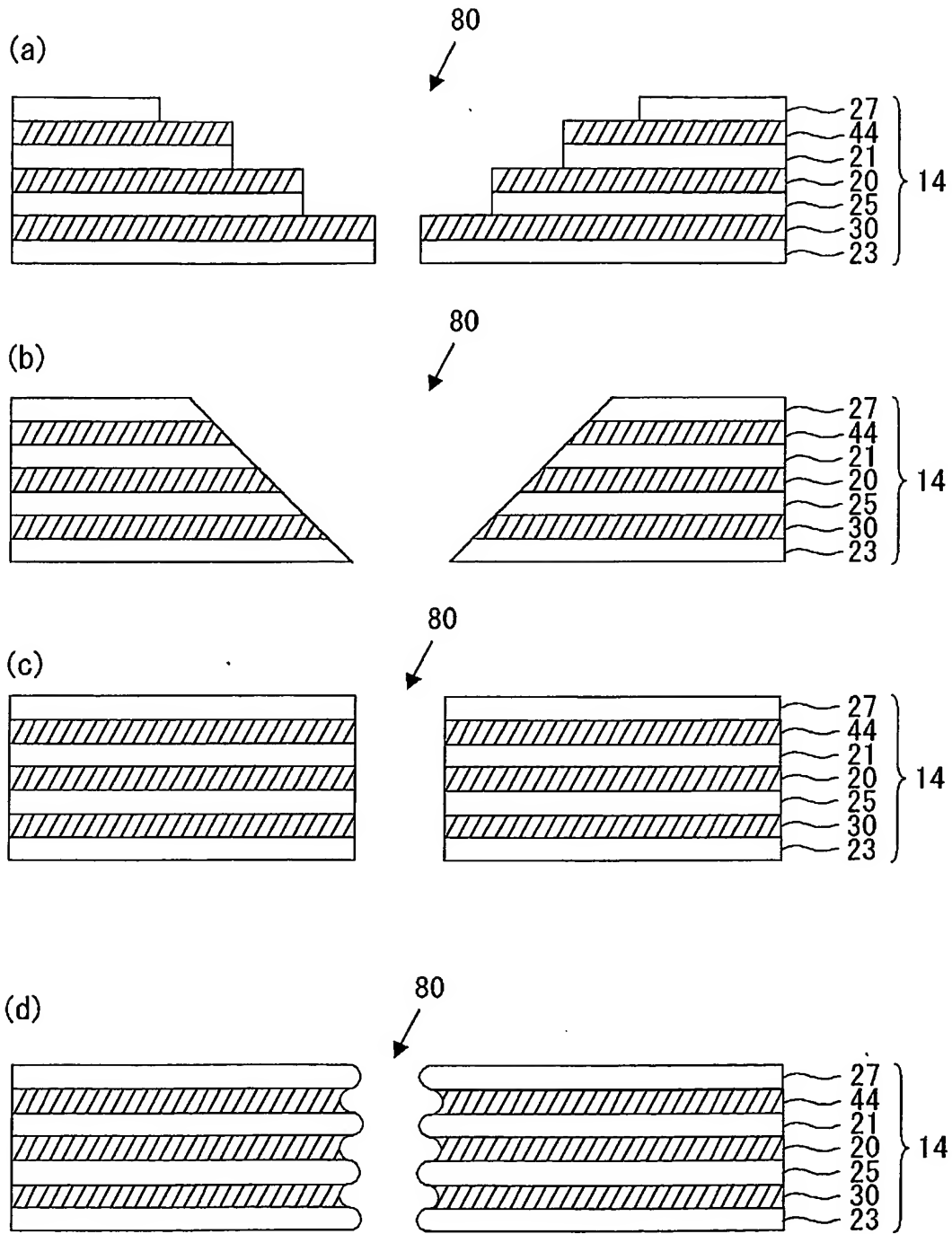
【図 24】



【図 25】



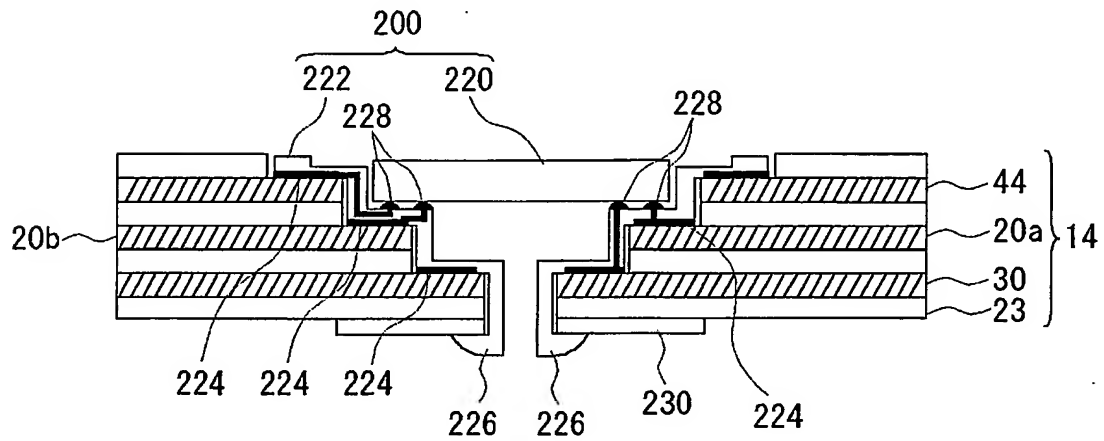
【図 26】



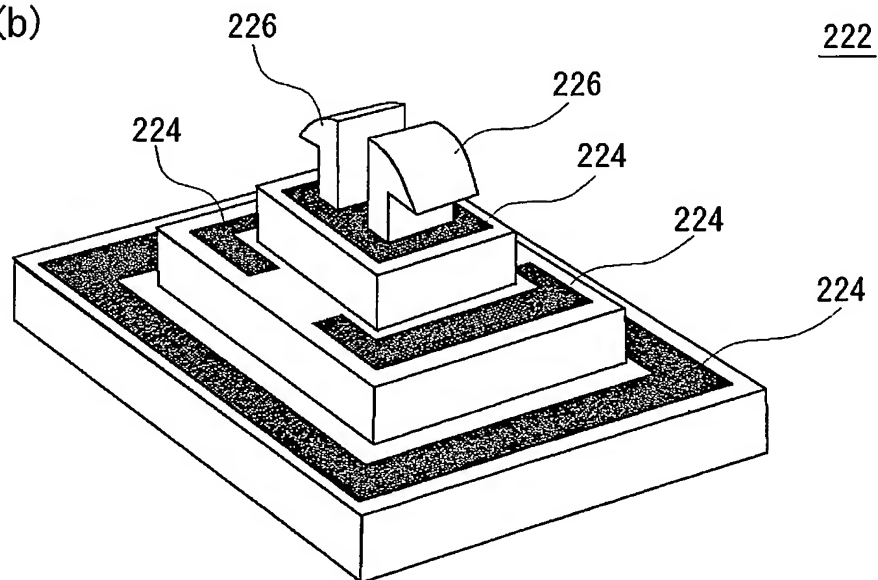


【図 27】

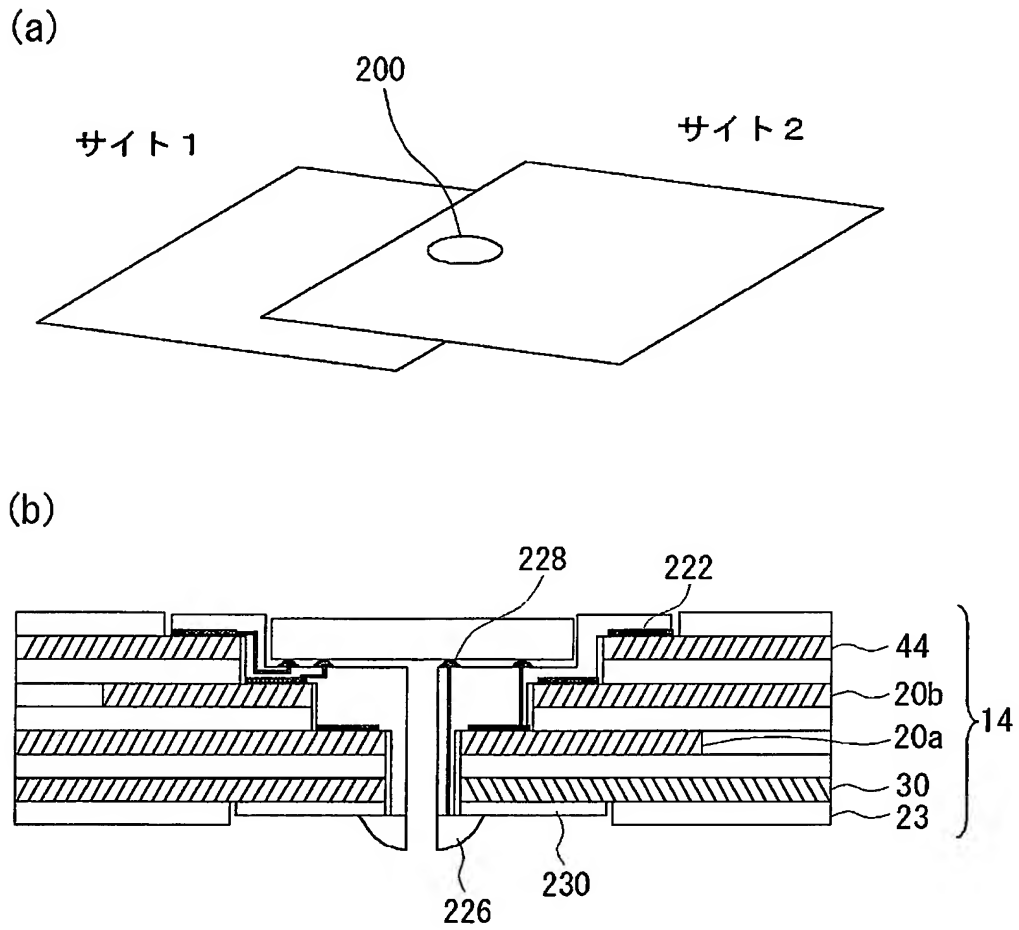
(a)



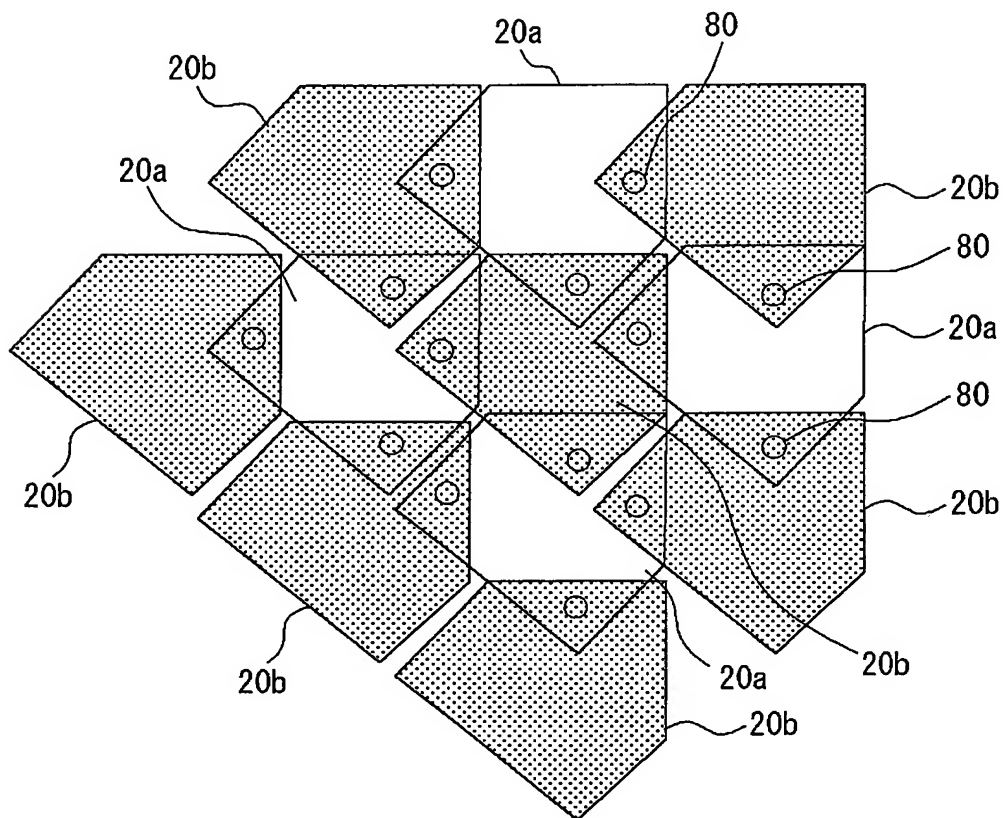
(b)



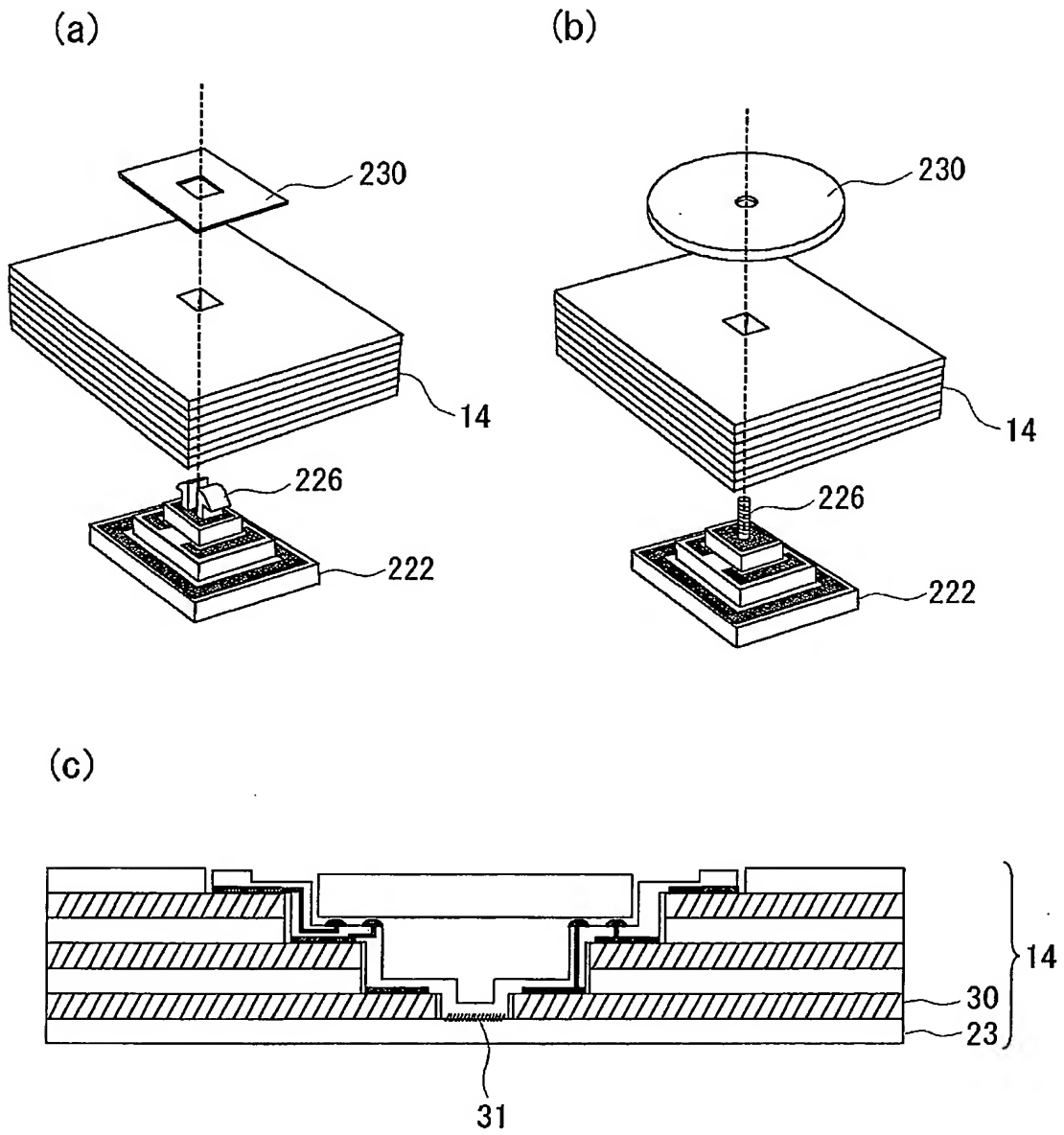
【図 28】



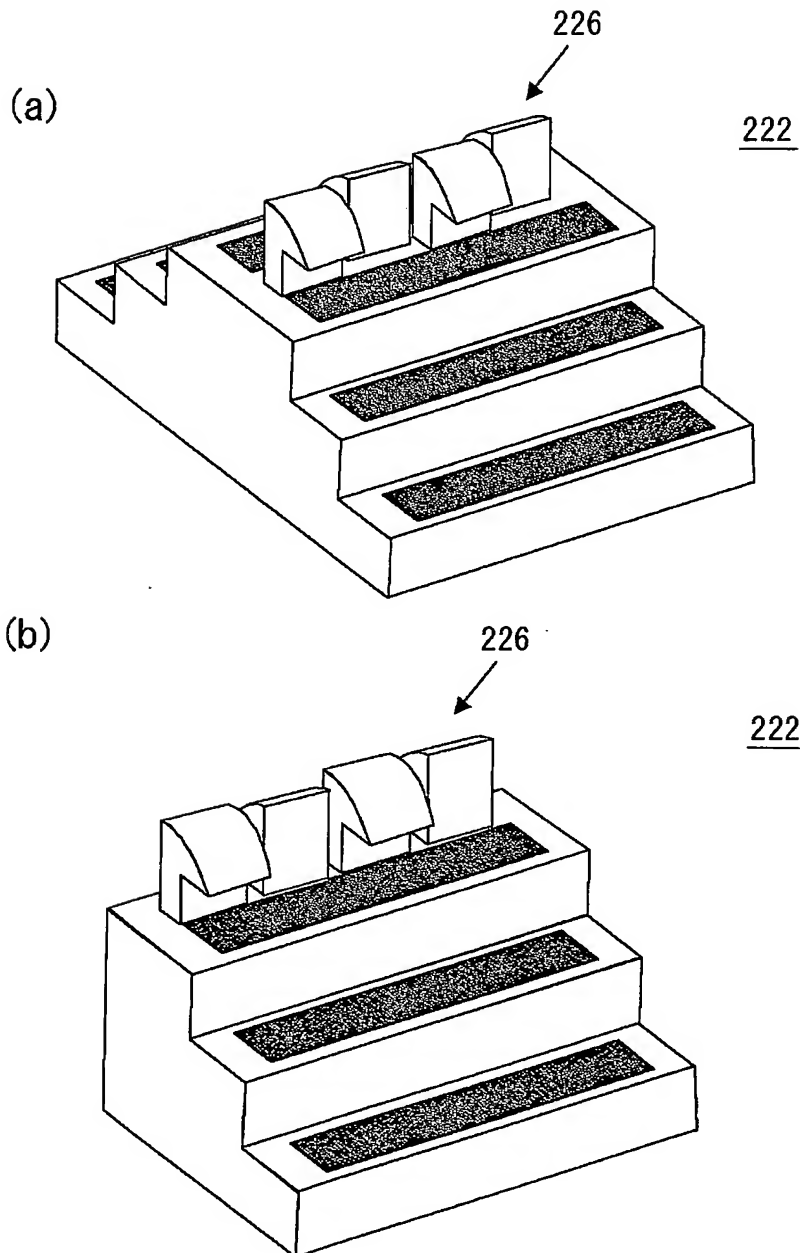
【図 29】



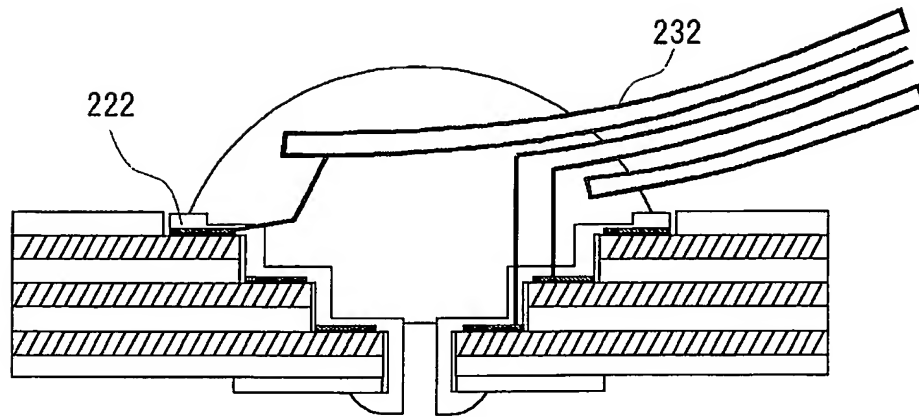
【図 30】



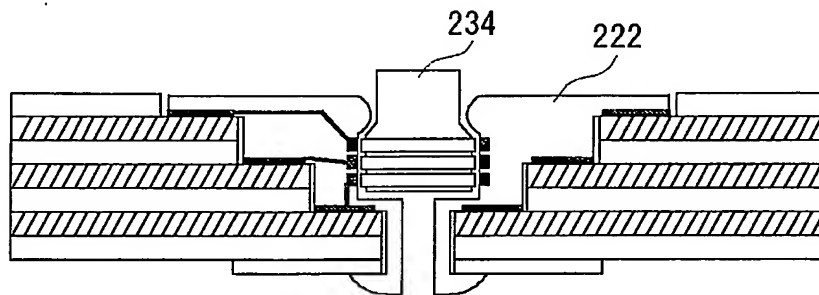
【図 31】



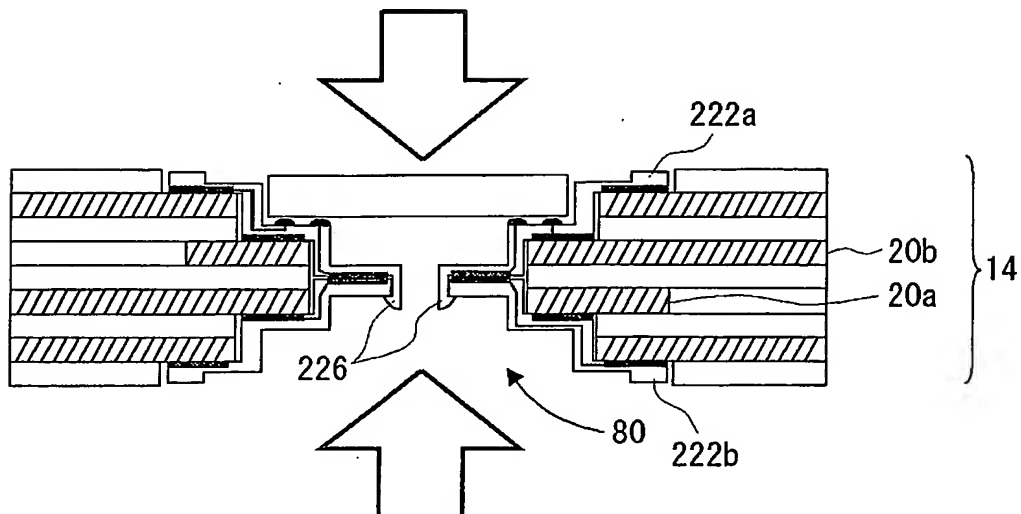
【図 3 2】



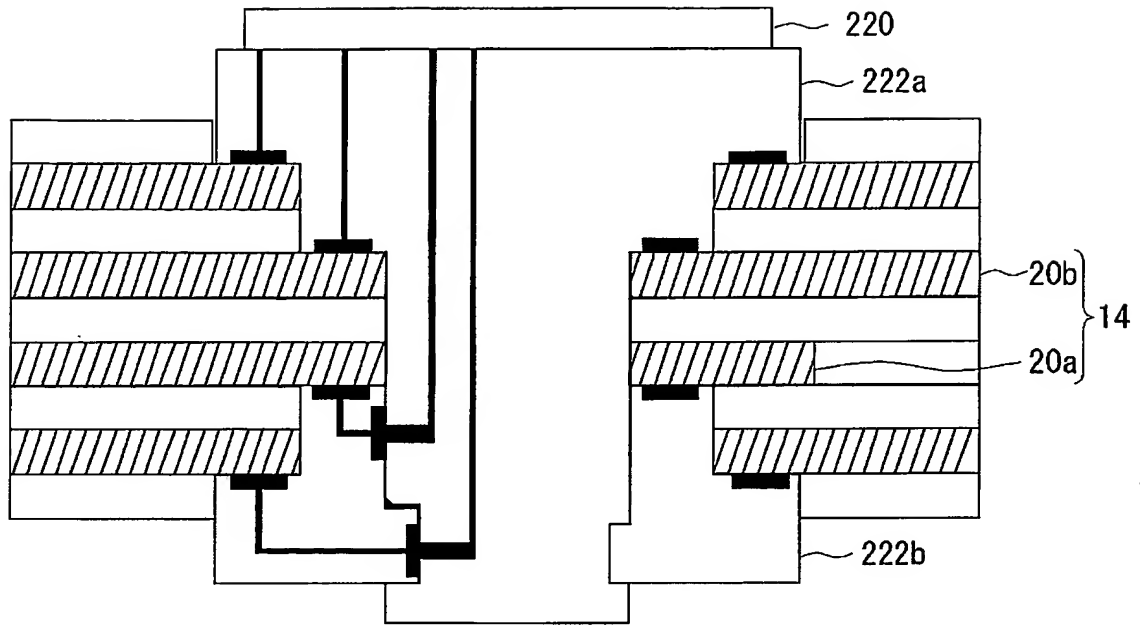
【図 3 3】



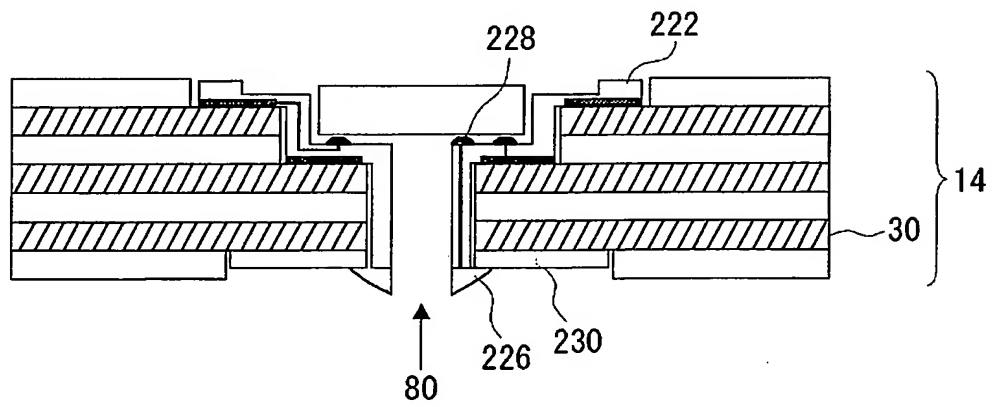
【図 3 4】



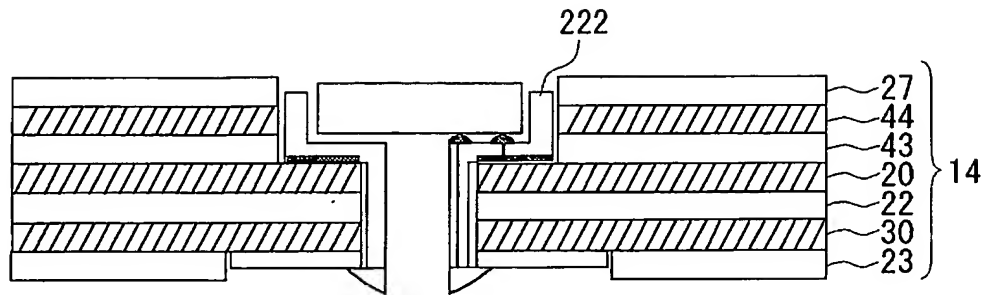
【図 3 5】



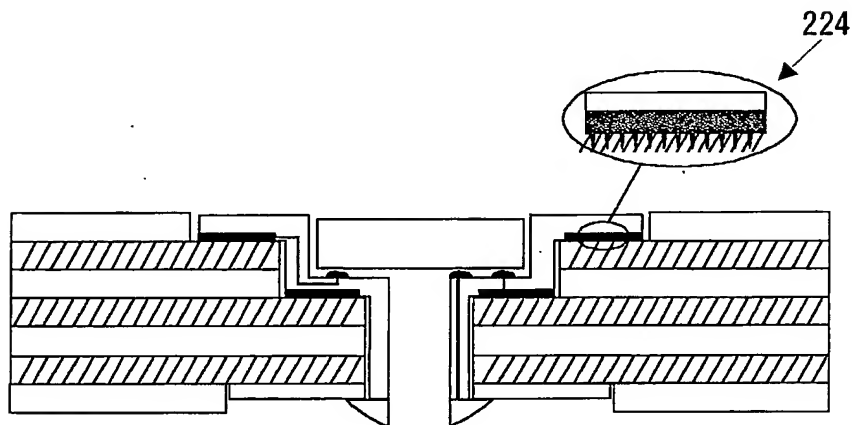
【図 3 6】



【図 37】

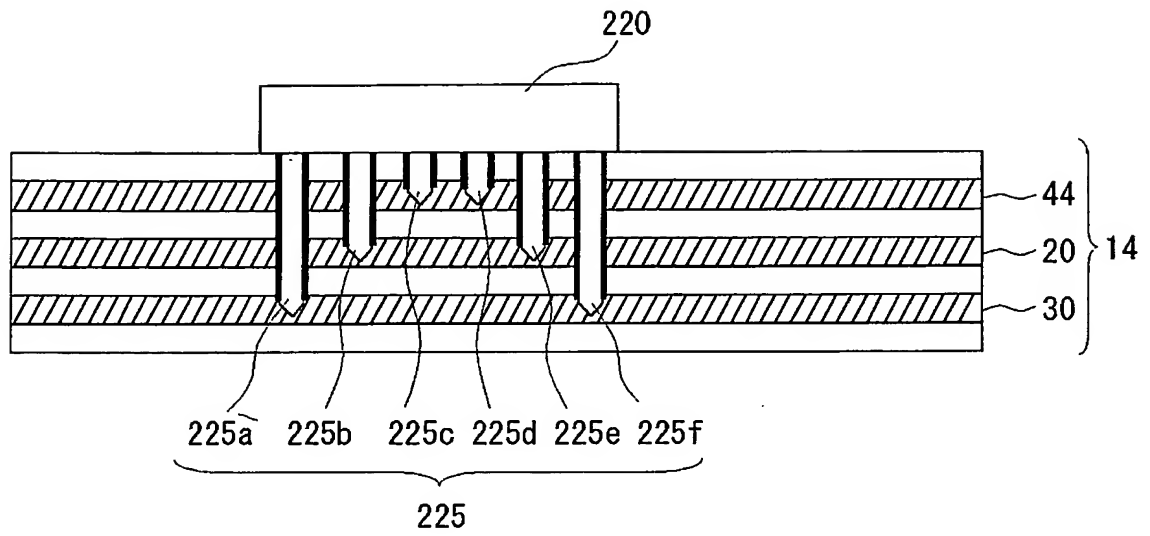


【図 38】

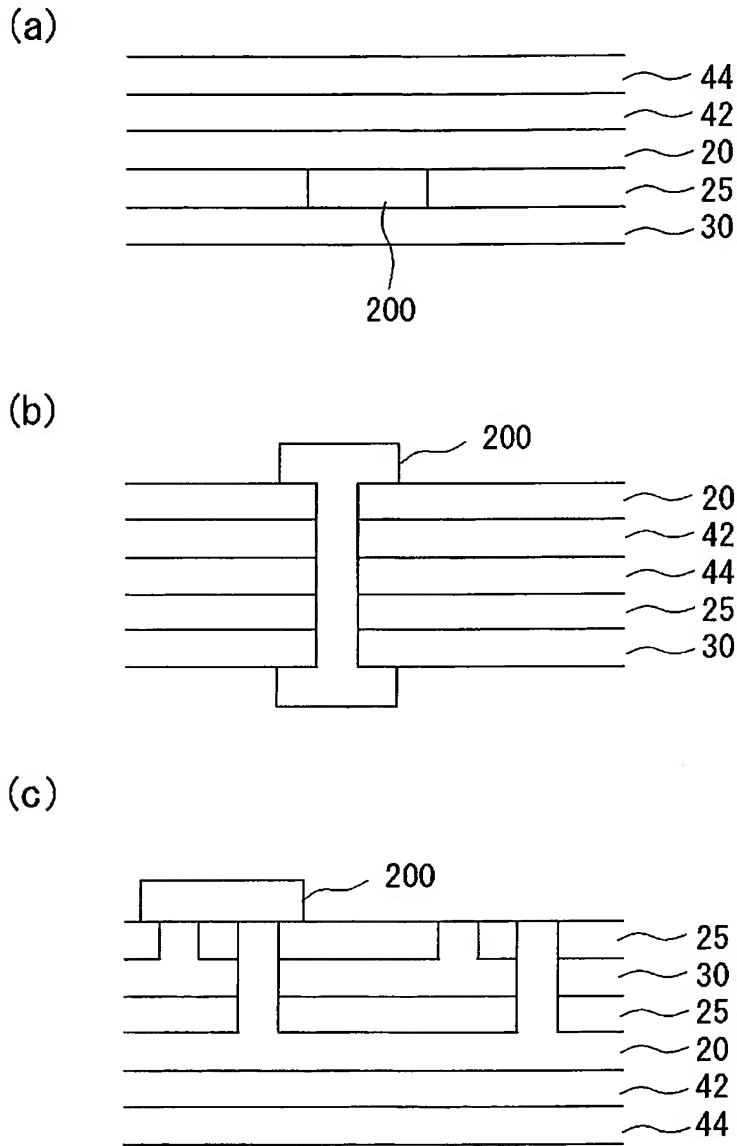




【図 39】

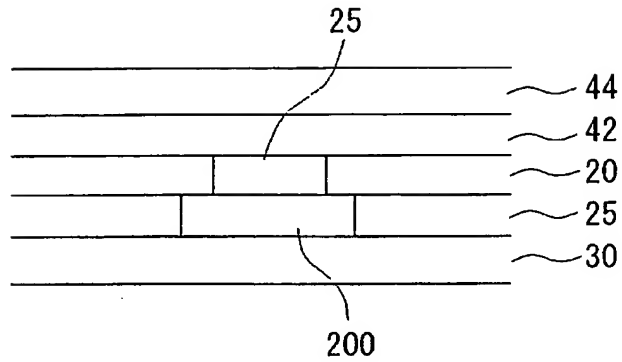


【図 40】

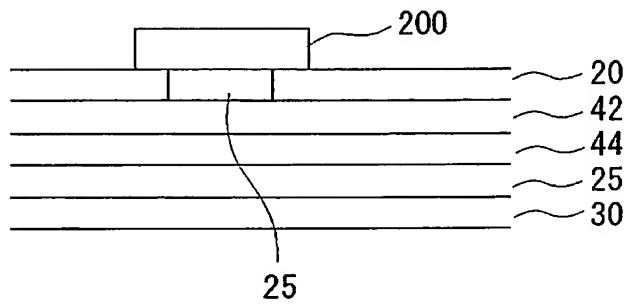


【図 4 1】

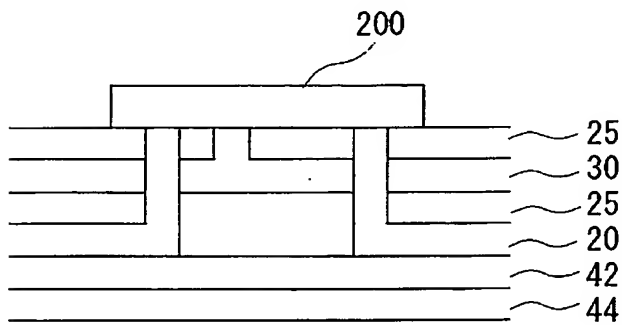
(a)



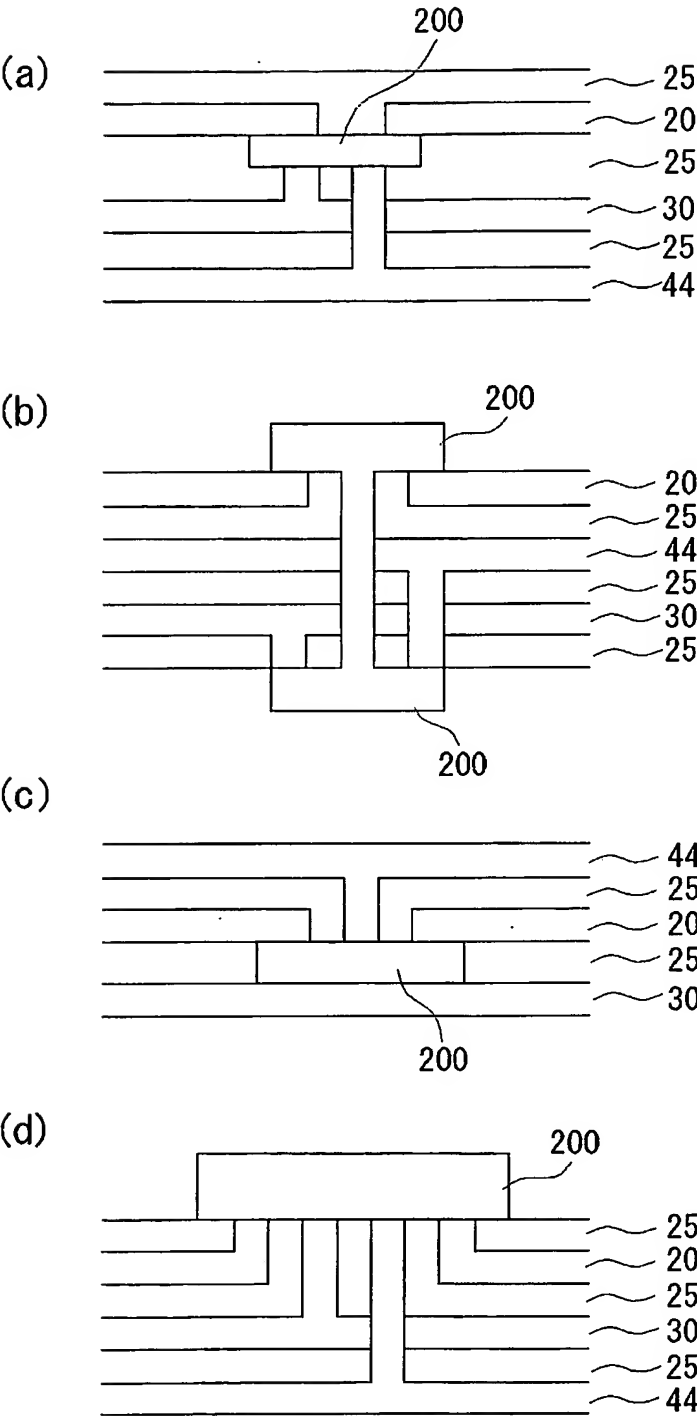
(b)



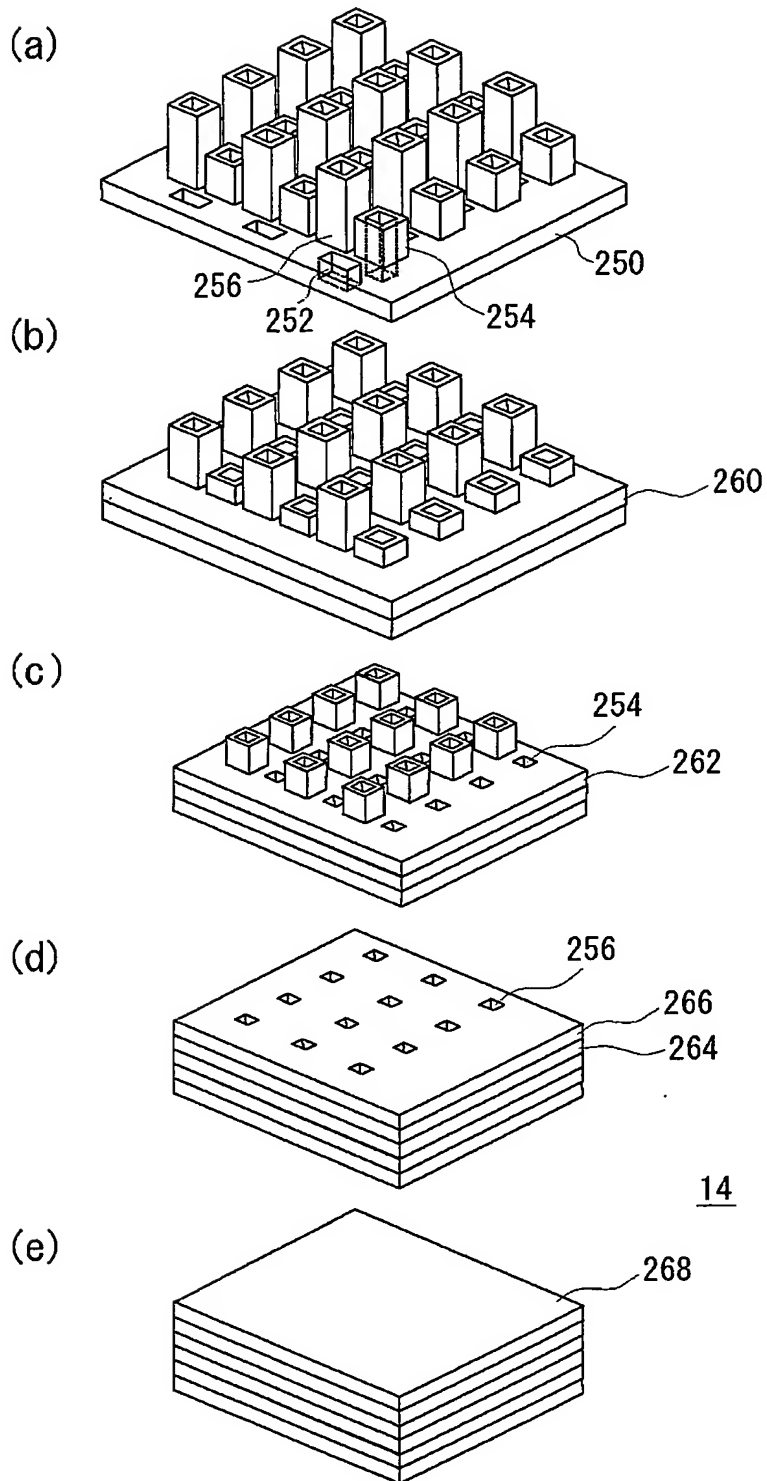
(c)



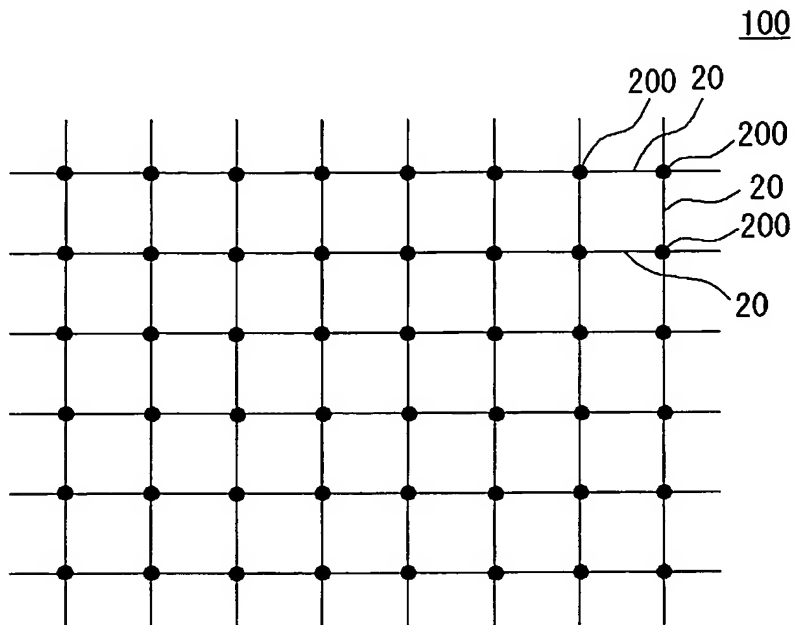
【図 4 2】



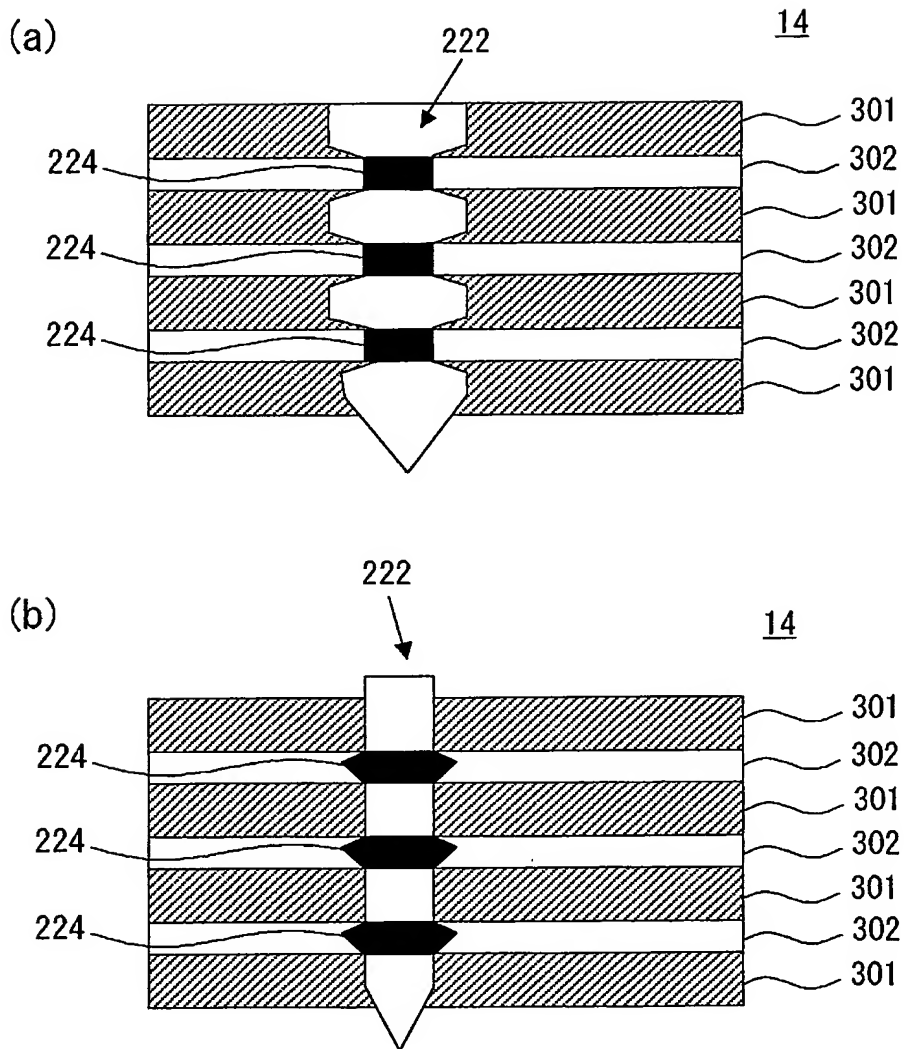
【図 43】



【図 44】



【図 45】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 信号伝送用基板装置と通信素子とを別体として構成した通信装置を提供する。

【解決手段】 本発明の基板装置 14 は、第 1 信号伝達層 20 と、電源層 44 または接地層である第 2 信号伝達層 30 の少なくとも一層とを含んだ積層構造を有する。この基板装置 14 は、コネクタ 222 が挿入される開口部を備えており、この開口部は階段状に形成される。コネクタ 222 の外部形状も、開口部の形状に合わせて階段状に形成される。これにより、各層とコネクタ 222 の電極 224 との電氣的接続を確実にすることができる。

【選択図】 図 27



特願 2003-323300

出願人履歴情報

識別番号

[503054096]

1. 変更年月日 2003年 2月 7日  
[変更理由] 新規登録  
住所 東京都千代田区六番町10-2  
氏名 株式会社セルクロス
2. 変更年月日 2004年 6月 25日  
[変更理由] 住所変更  
住所 東京都墨田区亀沢4-14-16  
氏名 株式会社セルクロス

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**